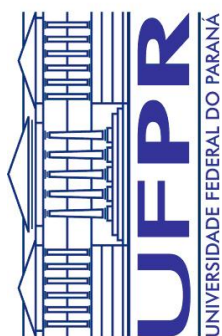
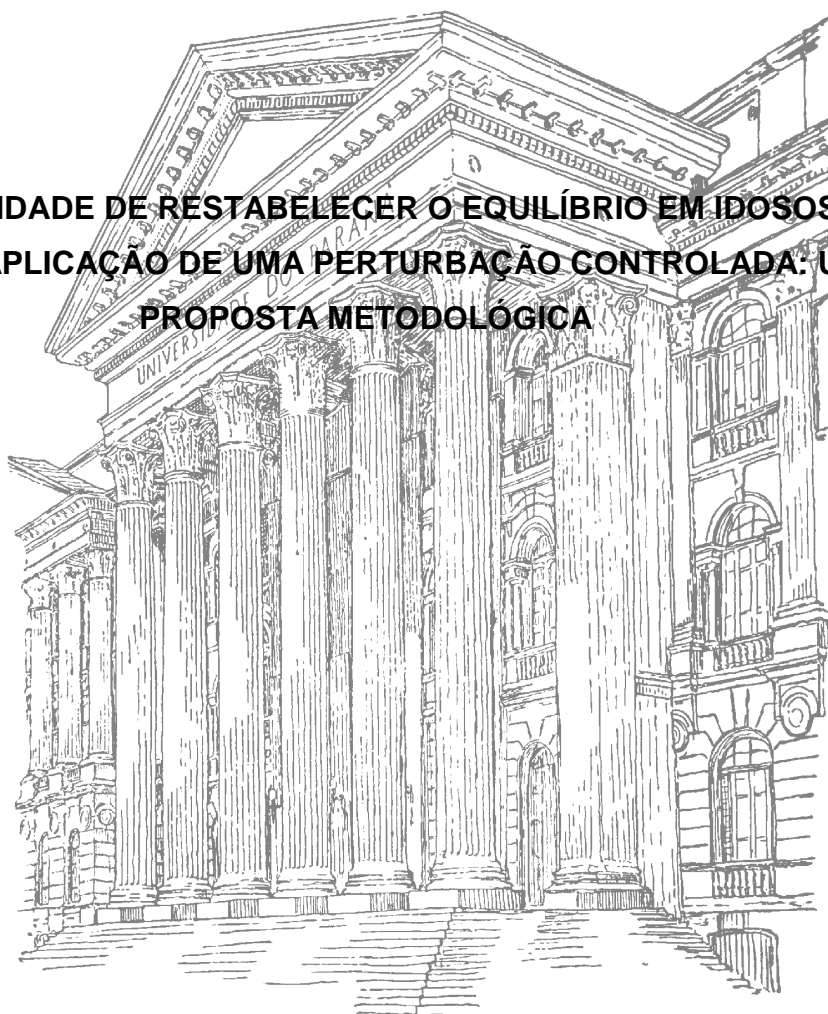


**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO FÍSICA**

**CARLOS ALBERTO VEIGA BRUNIERA**

**CAPACIDADE DE RESTABELECER O EQUILÍBRIO EM IDOSOS APÓS  
A APLICAÇÃO DE UMA PERTURBAÇÃO CONTROLADA: UMA  
PROPOSTA METODOLÓGICA**

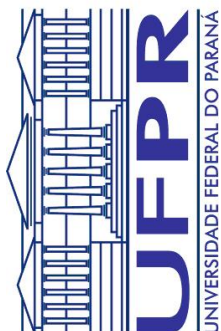


**CURITIBA  
2013**

**CARLOS ALBERTO VEIGA BRUNIERA**

**CAPACIDADE DE RESTABELECER O EQUILÍBRIO EM IDOSOS  
APÓS A APLICAÇÃO DE UMA PERTURBAÇÃO CONTROLADA: UMA  
PROPOSTA METODOLÓGICA**

**Tese apresentada como requisito  
parcial para a obtenção do Título  
de Doutor em Educação Física do  
Programa de Pós-Graduação em  
Educação Física, do Setor de  
Ciências Biológicas da  
Universidade Federal do Paraná.**



**Orientador(a): Prof. Dr. ANDRÉ LUIZ FELIX RODACKI**



Ministério da Educação  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
Setor de Ciências Biológicas  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física




## TERMO DE APROVAÇÃO

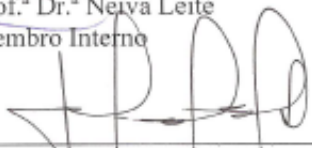
**CARLOS ALBERTO VEIGA BRUNIERA**

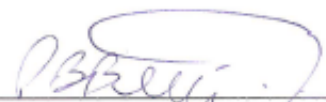
**“Capacidade de restabelecer o equilíbrio em idosos após uma perturbação controlada: uma proposta metodológica”**

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Educação Física – Área de Concentração: Exercício e Esporte; Linha de Pesquisa: Atividade Física e Saúde; do Programa de Pós-Graduação em Educação Física do Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte Banca Examinadora:

  
Professor Dr. André Luiz Félix Rodacki  
Presidente/Orientador - BL/UFPR

  
Prof.ª Dr.ª Neiva Leite  
Membro Interno

  
Prof. Dr. José Luiz Lopes Vieira  
Membro Externo

  
Prof. Dr. Paulo Cesar Barauce Bento  
Membro Interno

  
Prof. Dr. Arli Ramos de Oliveira  
Membro Externo

Curitiba, 28 de Agosto de 2013.

Dedico este trabalho à Deus, autor da minha vida.  
À minha esposa Lenita e aos meus filhos Daniel e André que sempre estiveram a meu lado nos momentos de alegria e dificuldades.

“Invoca-me, e te responderei: anunciar-te-ei coisas grandes e ocultas, que não sabes”.

Jeremias 33:3

## **AGRADECIMENTOS**

A minha esposa Lenita e a meus filhos Daniel e André por tornarem minha vida especial.

Aos meus pais, Cydinez Bruniera e Hilza Veiga Bruniera, pelo apoio, pelas orações e ensinamentos transmitidos.

Ao meu orientador Professor Dr. André Luiz Felix Rodacki, pela oportunidade, confiança e paciência durante todos estes anos.

À Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Neiva Leite e à Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Joice Mara Facco Stefanello e ao Prof. Dr. Paulo Cesar Barauce Bento pelo incentivo, respeito e amizade.

Ao meu amigo Evanil (véio) pelo companheirismo, amizade e pelas gargalhadas durante as intermináveis viagens a Curitiba.

Ao Professor, colega e amigo Luis Alberto Garcia Freitas (Betinho) pela amizade.

Ao amigo e Professor Felipe Moura pelo auxílio nos cálculos dos dados do trabalho e pelas palavras de incentivo.

Ao Professor Lendro Altimari e seu grupo pelo auxílio nas avaliações.

Ao Professor Denilson Teixeira e sua equipe pelo auxílio nas avaliações e por ter permitido a utilização dos idosos de seu Projeto de Extensão.

Ao amigo Fernando Raphael Pinto Guedes Rogério por ter viabilizado a utilização da plataforma de força.

Ao Thimoty Gustavo Cavazzotto pelo tempo utilizado no auxílio do tratamento estatístico deste estudo.

Aos amigos do grupo de reflexão, Paulo, Regina, Damaris, Alexandre, Rose, Gracia, Antonio, Daniel, Patrícia, André, Lenita e aos pastores Luis André e Marcos que me apoiaram com suas orações.

Aos colegas do Departamento de esportes da UEL pelo apoio, incentivo e pelas palavras de estímulo.

À Fundação Araucária pelo apoio.

A todos os amigos que sempre me apoiaram na minha vida social, acadêmica e profissional.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1 Objetivo geral .....	7
2.2 Objetivos específicos .....	7
<b>3. REVISÃO LITERATURA.....</b>	<b>8</b>
3.1 Envelhecimento e quedas .....	8
3.2 Força e envelhecimento .....	14
3.3 Controle postural .....	19
<b>4. COMPARAÇÃO DA ESTABILIDADE POSTURAL ENTRE IDOSAS RESIDENTES EM INSTITUIÇÃO DE LONGA PERMANÊNCIA E IDOSAS PRATICANTES DE EXERCÍCIO FÍSICO .....</b>	<b>31</b>
4.1 Introdução.....	31
4.2 Objetivo .....	33
4.2.1 Objetivos específicos.....	33
4.2.2 Hipóteses.....	34
4.3 Metodologia .....	34
4.3.1 Procedimentos.....	34
4.3.2 Avaliação do equilíbrio estático .....	35
4.3.3 Tratamento estatístico .....	36
4.4 Resultados.....	36
4.5 Discussão .....	38
4.6 Considerações.....	40
<b>5. DETERMINAÇÃO DA REPRODUTIBILIDADE DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO EM IDOSOS ATRAVÉS DA ANÁLISE DE CONCORDÂNCIA DE BLAND-ALTMAN.....</b>	<b>42</b>
5.1 Introdução.....	42
5.2 Objetivo .....	43
5.2.1 Objetivos específicos.....	43
5.2.2 Hipóteses .....	44
5.3 Metodologia .....	44
5.3.1 Procedimentos.....	44
5.3.2 Avaliação do equilíbrio dinâmico .....	44
5.3.3 Tratamento estatístico .....	46
5.4 Resultados.....	46
5.5 Discussão .....	48
5.6 Considerações.....	50

<b>6.</b>	<b>ANÁLISE DO MECANISMO DE RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO DINÂMICO EM IDOSOS E ADULTOS JOVENS.....</b>	<b>51</b>
6.1	Introdução.....	54
6.2	Objetivo .....	54
6.2.1	Objetivos específicos.....	54
6.2.2	Hipóteses.....	54
6.3	Metodologia .....	54
6.3.1	Procedimentos.....	54
6.3.2	Avaliação do equilíbrio dinâmico .....	55
6.3.3	Tratamento estatístico .....	55
6.4	Resultados .....	55
6.5	Discussão .....	55
6.6	Considerações.....	58
<b>7.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS, <i>TIMED UP AND GO</i> (TUG), ESTABILOMETRIA E HISTÓRICO DE QUEDAS EM IDOSOS.....</b>	<b>59</b>
7.1	Introdução.....	59
7.2	Objetivo .....	61
7.2.1	Objetivos específicos.....	61
7.2.2	Hipóteses.....	61
7.3	Metodologia .....	62
7.3.1	Procedimentos.....	62
7.3.2	Avaliação do <i>Timed Up and Go</i> (TUG) .....	63
7.3.3	Avaliação do equilíbrio dinâmico .....	63
7.3.4	Avaliação da força muscular.....	64
7.3.5	Tratamento estatístico .....	66
7.4	Resultados.....	67
7.5	Discussão .....	73
7.6	Considerações.....	79
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>80</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>83</b>
	<b>APÊNDICES.....</b>	<b>105</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>108</b>



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5.1 – SISTEMA TESTE DE RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO (VISTA LATERAL) .....	46
FIGURA 5.2 - ANÁLISE DA REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DE VELOCIDADE MÉDIA (PAINEL SUPERIOR) E DESLOCAMENTO ANTEROPOSTERIOR (PAINEL INFERIOR), ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE BLAND-ALTMAN .....	47
FIGURA 5.3 - CORRELAÇÃO DA REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DO DESLOCAMENTO ANTEROPOSTERIOR (PAINEL SUPERIOR), VELOCIDADE MÉDIA (PAINEL INFERIOR).....	48
FIGURA 7.1- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CURVA FORÇA-TEMPO CONTENDO AS VARIÁVEIS ANALISADAS NO ESTUDO .....	64
FIGURA 7.2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS POSIÇÕES CORPORAIS E SEGMENTARES ASSUMIDAS DURANTE O TESTE DE PICO E TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA ISOMÉTRICO .....	66
FIGURA 7.3 - PERCENTUAL DE IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS (ESQUERDA) E PERCENTUAL DO NÚMERO DE QUEDAS ENTRE IDOSOS COM HISTÓRICO DE QUEDAS (DIREITA).....	67
FIGURA 7.4 - CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS (FORÇA MUSCULAR E TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA) PARA IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS .....	69
FIGURA 7.5 - DISPERSÃO PARA AS CARACTERÍSTICA CONTRÁTEIS E TESTES ESTABILOMÉTRICOS NA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO (PLANTIFLEXORES) EM IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS. FIGURA SUPERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO ANTERIOR),	

SUPERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), INFERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO POSTERIOR) E INFERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO POSTERIOR) .....70

FIGURA 7.6 - DISPERSÃO PARA AS CARACTERÍSTICA CONTRÁTEIS E TESTES ESTABILOMÉTRICOS NA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL (EXTENSORES) EM IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS. FIGURA SUPERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), SUPERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), INFERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO POSTERIOR) E INFERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO POSTERIOR) .....71

## LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - PARÂMETROS ESTABILOMÉTRICOS (MÉDIA E DESVIO PADRÃO) DE IDOSOS ATIVOS E ASILADOS COM (OLHOS ABERTOS) E SEM (OLHOS FECHADOS) PRESENÇA DE INFORMAÇÃO VISUAL .....	37
TABELA 7.1 - APRESENTA A MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA AS CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS NOS IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS .....	68
TABELA 7.2 - MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS ESTABILOMÉTRICOS, CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS E TESTES FUNCIONAIS .....	72
TABELA 7.3 – PREDITORES SIGNIFICATIVOS PARA AS VARIÁVEIS DEPENDENTES E ESTIMATIVAS DO $R^2$ EM IDOSOS BASEADO NA REGRESSÃO MÚLTIPLA <i>BACKWARD</i> .....	72
TABELA 7.4 - PROBABILIDADE DE QUEDA ENCONTRADO NOS PARÂMETROS ESTABILOMÉTRICOS.....	73

## RESUMO

O envelhecimento é processo natural marcado por alterações anatômicas, fisiológicas, biomecânicas e psicológicas que ocorrem em vários sistemas orgânicos e reduzem o controle postural dos idosos tornando-os menos aptos ao desempenho de tarefas da vida diária e mais propensos a quedas. O objetivo geral deste estudo foi o de analisar os mecanismos de controle postural em idosos durante a recuperação do equilíbrio, após perturbação inesperada. O presente estudo foi elaborado em quatro capítulos experimentais, que são estudos referentes ao equilíbrio postural de idosos e adultos jovens. O objetivo do primeiro experimento foi avaliar o equilíbrio corporal de idosas praticantes de exercícios físicos e idosas asiladas da cidade de Londrina-PR. A amostra foi constituída de 36 idosas, com idades de 60 a 85 anos, divididas em dois grupos: fisicamente ativas ( $n=18$ ) e asiladas ( $n=18$ ). A avaliação estabilométrica foi realizada em apoio bipodálico, sob uma plataforma de força, estático por 30 segundos sendo quantificado os deslocamentos do centro de pressão (CoP) nos eixo x (oscilação médio-lateral), eixo y (oscilação anteroposterior). Encontrou-se uma maior oscilação do CoP no eixo Y e X nas idosas asiladas do que nas ativas. Conclui-se que idosas praticantes de exercício físico possuem maior estabilidade postural quando comparados com as idosas institucionalizadas. Os próximos experimentos envolveram determinar a recuperação do equilíbrio decorrente de uma perturbação inesperada aplicada por um teste de equilíbrio dinâmico. Para isto, um distúrbio foi aplicado a partir de uma posição ereta, onde os participantes foram posicionados sobre uma plataforma de força colocada sobre um carrinho móvel. O movimento da plataforma ocorreu através da tração exercida por um peso correspondendo a aproximadamente 5% do valor da massa de cada participante. No experimento dois o objetivo foi determinar a reprodutibilidade do teste através da análise de concordância de Bland-Altman. A amostra foi composta por 20 idosos ( $70,3 \pm 3,2$  anos;  $64,5 \pm 9,3$  kg) e as seguintes variáveis determinadas: a amplitude na direção anteroposterior e a velocidade média quadrática do centro de pressão na direção anteroposterior. Os participantes realizaram o teste duas vezes seguindo o mesmo protocolo. Os resultados demonstraram que a metodologia utilizada permite que o teste possa ser repetido sucessivamente sem que possíveis estratégias antecipatórias tenham efeito importante sobre os parâmetros estabilométricos do controle postural. O terceiro experimento determinou a sensibilidade do teste, onde o objetivo deste estudo foi determinar as características empregadas durante a recuperação do equilíbrio decorrentes de uma perturbação inesperada em jovens e idosos. A amostra foi composta por 20 jovens universitários ( $22 \pm 2,6$  anos;  $62,3 \pm 10,6$  kg) e 20 idosos ( $70,3 \pm 3,2$  anos;  $64,5 \pm 9,3$  kg) e foram determinadas a oscilação do CoP na direção anteroposterior e a velocidade. Verificou-se que os idosos apresentaram deslocamentos maiores e mais rápidos do centro de pressão na direção anteroposterior do que os adultos jovens. E o quarto experimento analisou o *Timed up and Go* (TUG), parâmetros da função contrátil muscular, histórico de quedas e os parâmetros estabilométricos em resposta a aplicação de uma perturbação inesperada em idosos. Foram avaliados 43 idosos ( $71,6 \pm 4,8$  anos;  $1,58 \pm 0,08$  m;  $67,26 \pm 10,82$  Kg;  $27 \pm 4,41$  kg.m<sup>-2</sup>) que atenderam os critérios de

inclusão e exclusão do estudo. O histórico de quedas foi avaliado através de um questionário, foram determinadas a oscilação do CoP na direção anteroposterior e a velocidade em uma plataforma móvel e os participantes realizaram os testes para os músculos flexores e extensores do quadril, joelho e flexores plantares e dorsiflexores do tornozelo com auxílio de uma célula de carga. Os resultados demonstraram que idosos com histórico de quedas apresentaram maiores déficits de força máxima muscular e taxa de desenvolvimento de força e nas articulações do quadril e tornozelo. Com isso, foi encontrada uma maior velocidade de deslocamento do CoP, o que pode provocar oscilações mais pronunciadas e maiores dificuldades de reposicionar o centro de pressão, os quais podem levar ao aumento do risco de quedas nesta população. Assim, estudos sobre o tema são sempre relevantes e novas pesquisas fundamentais para estabelecer estratégias eficientes na prevenção de quedas e na melhoria da qualidade funcional dos idosos.

palavras chaves: Controle postural, envelhecimento, força muscular, equilíbrio.

## ABSTRACT

Aging is a natural process characterized by anatomical, physiological, biomechanical and psychological alterations that occur in various organic systems and reduce postural control of elderly making them less able to carry out tasks of daily living and more prone to falls. The aim of this study was to analyze the mechanisms of postural control in the elderly during balance recovery after unexpected perturbation. The present study was designed in four experimental chapters, that are related studies to postural balance in elderly and young adults. The objective of the first experiment was to evaluate the body balance of elderly women engaged in physical exercises and institutionalized elderly in the city of Londrina. The sample consisted of 36 elderly, aged 60-85 years and divided into two groups: physically active ( $n = 18$ ) and institutionalized ( $n = 18$ ). The stabilometric evaluation was conducted in a bipodal support under a force platform, static for 30 seconds and measuring the displacement of the center of pressure (CoP) on the x-axis (mediolateral oscillation), y-axis (anteroposterior oscillation). Greater oscillation was found in the axis X and Y in the institutionalized elderly than in the active. It is concluded that elderly practitioners of physical exercise have greater postural stability compared with the institutionalized elderly. The next experiments intend to determinate recovery of the balance resulting from an unexpected disturbance applied by a dynamic test. A disturbance was applied from a standing position, where were positioned on a force platform mounted on a moving cart. The platform movement occurred through the forces applied by traction exerted by a weight corresponding to approximately 5% of the mass of each participant. In the second experiment it was aimed to determine the reproducibility of the test through the analysis of agreement of Bland-Altman. The sample consisted of 20 elderly ( $70.3 \pm 3.2$  years,  $64.5 \pm 9.3$  kg) and the following specific variables were tested: the amplitude in anteroposterior direction the average speed of the center of pressure in the anteroposterior direction. Participants performed two experimental sessions using the same protocol. The results showed that the disturbance test allowed the test to be repeated successively without potential proactive strategies that could influence the test and have an important effect on the stabilometric parameters of postural control. The third experiment determined the sensitivity of the test, due to an unexpected disruption of the balance in the young and elderly. The sample consisted of 20 university students ( $22 \pm 2.6$  years,  $62.3 \pm 10.6$  kg) and 20 elderly ( $70.3 \pm 3.2$  years,  $64.5 \pm 9.3$  kg) from which the oscillation of the CoP in anteroposterior direction and speed. It was found that older adults showed greater and more rapid displacements were measured of the center of pressure in the anteroposterior direction than the young adults. The fourth experiment analyzed the Timed Up and Go (TUG), parameters of muscle contractile function, history of falls and stabilometric parameters in response to application of an unexpected disturbance in the elderly. It was studied 43 elderly ( $71.6 \pm 4.8$  years,  $1.58 \pm 0.08$  m,  $67.26 \pm 10.82$  kg,  $27 \pm 4.41$  kg.m<sup>-2</sup>) who met the inclusion criteria and from the study. The history of falls was assessed through a questionnaire, and the displacement and spread of the CoP in anteroposterior direction measured in a moving platform the participants performed a maximal isometric test to determine peak and rate of

force development of the flexor and extensor muscles of the hip, knee and plantar flexors and dorsiflexors of the ankle with the aid of a load cell. The results showed that elderly people with a history of falls had higher deficits for maximum muscular strength and rate of force development in the hip and ankle articulations. Thus, it was found higher displacement speed of CoP, which can cause more pronounced oscillations and difficulties to reposition the center of pressure after a balance disturbance, which can lead to increased risk of falls. Thus, studies on the subject are always relevant and new fundamental research to establish effective strategies in preventing falls and improving the functional quality of the elderly.

Keywords: Posture control, aging, muscle strength, balance.

## 1. INTRODUÇÃO

O envelhecimento é processo natural marcado por alterações anatômicas, fisiológicas, biomecânicas e psicológicas (SPIRDUSO, 2005) que ocorrem em vários sistemas orgânicos e tornam os idosos mais frágeis, menos aptos ao desempenho de tarefas da vida diária e mais propensos a quedas. No Brasil, os dados indicam um aumento do número de acidentes envolvendo quedas com idosos (SIQUEIRA et al., 2011). Na terceira idade as quedas constituem grave problema de saúde pública e contribuem para o crescimento da taxa de mortalidade e morbidade. O problema não atinge diretamente apenas os idosos, mas também seus familiares e o sistema público de saúde, envolvendo grandes custos necessários ao tratamento, recuperação e outros tipos de assistência (AIKAWA et al., 2006).

Aproximadamente um terço dos idosos acima de 75 anos sofrem quedas a cada ano, sendo essa taxa até três vezes maior em idosos institucionalizados. Como consequência de quedas, aproximadamente 40% dos idosos acima de 65 anos morrem (GUIMARÃES & FARINATTI, 2005). Em estudo realizado no Brasil por Siqueira et al. (2011), foram investigados 6.616 idosos quanto à ocorrência de quedas, os resultados revelaram uma prevalência de quedas de 27,6%, sendo que 53,5% tinham sofrido uma única queda, 21,% mencionaram duas quedas, 13,3 três quedas e 12% quatro ou mais quedas. Dentre aqueles idosos que relataram quedas, 11% tiveram fratura.

Assim, estratégias que visem minimizar os efeitos deletérios do envelhecimento a fim de preservar a funcionalidade na terceira idade são relevantes, visto que a redução da capacidade funcional pode estar relacionada às quedas e perda da independência (ANDREWS, 2001; JANSSEN et al., 2002). A execução de atividades cotidianas, como vestir-se, ir às compras e outras, demanda níveis adequados de capacidades físicas (equilíbrio, força muscular, coordenação e flexibilidade - ADAMS et al., 1999; BRILL et al., 2000), as quais podem ser influenciadas pela prática regular de atividades físicas. Várias formas de atividades físicas (programas de hidroginástica, exercícios de força muscular,



exercícios aeróbicos e de equilíbrio) são reconhecidas como propostas eficazes para reverter e minimizar o impacto do envelhecimento sobre as capacidades físicas.

O controle postural depende da percepção sensorial, da velocidade de processamento de informação no sistema nervoso central e da elaboração de uma resposta muscular adequada (GAUCHARD et al., 1999; MACIEL & GUERRA, 2005), ou seja, não possui dependência apenas da capacidade contrátil da musculatura, mas da integração de informações dos sistemas vestibular, visual e proprioceptivo (FREITAS JUNIOR, 2003), além da capacidade de processamento de informações (MELZER et al., 2004). Portanto, o labirinto (endolinfa) informa sobre os deslocamentos do corpo, os olhos sobre a posição do corpo no espaço, o sistema proprioceptivo sobre a região que está em contato com uma superfície e os músculos e articulações sobre a posição e os movimentos corporais. Um papel importante também neste controle é o do cerebelo, parte do sistema nervoso central, responsável pela iniciação e regulação dos movimentos padrões, recebendo estímulos primariamente do córtex motor, órgãos vestibulares e dos receptores proprioceptivos (LEINER et al., 1986; STRICK & MIDDLETON, 1994).

Os resultados encontrados por diferentes pesquisadores são concordantes na observação de que a atividade física pode melhorar o controle postural e produzir melhorias sobre o equilíbrio (YOSHITOMI et al., 2006; CARVALHO, et al., 2007; PEREIRA et al., 2008; PERSCH et al., 2009; CRISTOPOLISKI et al., 2009; BENTO et al., 2012). Portanto, parece que o nível de condicionamento ajuda na modulação das respostas posturais. Assim, espera-se que idosos que pratiquem alguma atividade física regular apresentem melhor controle postural e, conseqüentemente, melhor equilíbrio do que idosos sedentários, uma vez que a falta de atividade física continuada pode aumentar a perda de massa e força muscular, bem como diminuição da excitabilidade sensorial e causar redução do equilíbrio postural (FARIA et al., 2003; TEIXEIRA et al., 2008).

O equilíbrio postural pode ser avaliado através de testes estáticos (sem perturbação) ou com protocolos dinâmicos. Os testes estáticos não parecem replicar integralmente as condições dinâmicas, em que o sistema de controle postural precisa responder rapidamente a distúrbios encontrados no meio ambiente a fim de evitar uma queda (MELZER et al., 2004) e parecem guardar pouca especificidade com as demandas dinâmicas envolvidas no controle do sistema postural que são encontradas após um distúrbio (ex. tropeço ou escorregão). De fato, as quedas geralmente ocorrem durante o movimento do corpo (MURRAY et al. 1980; NEVITT et al., 1989; RINGSBERG et al., 1999; MOCHIDA et al., 2009). Desta forma, condições que analisam a recuperação do equilíbrio frente a perturbações do meio ambiente podem retratar melhor as respostas do sistema postural em relação às condições em que as quedas ocorrem.

O equilíbrio postural pode ser avaliado em condições de laboratório com a aplicação de um distúrbio controlado. A movimentação da superfície de suporte, irregularidade na superfície, obstáculos e outros meios têm sido aplicados (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; MELZER et al., 2004; PIJNAPPLES et al. 2007; MADENLI et al., 2008; PAJALA, et al., 2008; MELZER et al., 2010; FREITAS et al., 2010). Apesar de importante contribuição, estudos que envolvem tais protocolos são relativamente escassos, visto os complexos ajustes nas condições experimentais aplicados para captar os aspectos mais relevantes das condições dinâmicas (PIJNAPPLES et al., 2006). Logo, outras formas de induzir perturbações de forma simplificada são atrativas, mesmo que envolvam posturas estáticas. Apesar de não preservar todos os aspectos dinâmicos que ocorrem durante a locomoção, perturbações aplicadas sobre condições estáticas podem captar importantes aspectos do controle postural e envolver situações mais fáceis de experimentação e menores riscos associados como quedas, por exemplo.

Justifica-se assim, o emprego de protocolos simples que permitam uma maior segurança para o idoso ao mesmo tempo em que avaliam o equilíbrio durante perturbação em condição estática. Uma forma de aplicar perturbação

sobre o controle postural é dada pela súbita movimentação da superfície de suporte. Nesse teste, uma plataforma de forças é posicionada sobre um carrinho, o qual é movido rapidamente e causa um distúrbio postural (WOOLLACOTT, 2000).

Apesar de ser uma forma interessante de causar perturbação controlada em condições de laboratório, não são encontrados estudos que tenham determinado a reprodutibilidade de tais testes. Existe preocupação com testes de distúrbio em função de estratégias antecipatórias que podem ser adotadas quando esse tipo de perturbação é repetido numa mesma sessão experimental. O uso de tais estratégias pode influenciar os resultados quando medidas repetidas são aplicadas. Para que um teste seja válido, é necessário que o mesmo seja reprodutível (FIGUEIREDO et al., 2007). Dessa forma, faz-se necessário determinar a reprodutibilidade do teste da capacidade de recuperação do equilíbrio decorrente de uma perturbação inesperada.

Após determinar a reprodutibilidade de tais testes, torna-se necessário determinar sua sensibilidade, ou seja, se esse tipo de perturbação é capaz de discriminar a capacidade de recuperação do equilíbrio. Isto pode ser obtido através da comparação do equilíbrio entre jovens e idosos, visto que os idosos apresentam maiores déficits sobre o sistema de controle postural (LEWIS & BOTTOMLEY, 1990; DALEY & SPINKS, 2000; DU PASQUIER et al., 2003; SPIRDUSO, 2005; MANN et al., 2008), consequentemente, os jovens apresentam melhor capacidade de recuperação do equilíbrio frente a perturbações. De fato, maiores amplitudes de deslocamento (ERA & HEIKKINEN, 1985; PANZER et al., 1995; GU et al., 1996; FERRAZ et al., 2001; SPIRDUSO, 2005) e maior frequência de oscilação do centro de pressão (SHUMWAY-COOK et al., 1997) foram encontrados em idosos na análise do equilíbrio estático. Logo, as respostas necessárias para a recuperação do equilíbrio são mais lentas e tem sido associada à menor estabilidade em idosos (MAZZEO et al., 1998). Portanto, comparações entre jovens e idosos são necessárias a fim de determinar a

validade de aplicação de testes dinâmicos com objetivo de discriminar diferenças no controle postural.

As respostas do sistema de controle postural têm sido analisadas em diversas condições (estáticas e dinâmicas) e populações (jovens e idosos). Expressiva parcela desses estudos identificaram diferenças entre jovens e idosos, porém com dificuldades em detectar pequenas variações entre indivíduos do mesmo grupo etário. A falta de discriminação do controle postural pode estar associada à natureza dos testes estáticos, os quais não impõem importantes desafios do equilíbrio, os quais tendem a apresentar “efeito-teto”. Logo, testes dinâmicos podem diferenciar melhor populações mais homogêneas do que os testes estáticos que, em geral, não demandam o restabelecimento do equilíbrio. Ainda assim, muitos fatores podem influenciar a resposta em tais populações. Por exemplo, idosos com maiores níveis de força, taxa de desenvolvimento de força e potência podem apresentar melhores desempenhos no equilíbrio pela maior capacidade reativa em controlar o centro de massa (ORR et al., 2008; PIJNAPPELS et al., 2008; BENTO et al., 2010) dentro da base de suporte.

Assim, uma melhor capacidade de desenvolvimento da força muscular parece desempenhar papel importante durante perturbações inesperadas como escorregões e tropeços, visto que um rápido restabelecimento do centro de massa e/ou reposicionamento do segmento no solo são fatores determinantes para evitar quedas (VAN DEN BOGERT et al., 2002). Dessa forma, as quedas podem estar mais relacionadas à taxa de desenvolvimento de força e potência do que força muscular, posto que essa primeira esteja mais associada à capacidade de gerar torque rapidamente e diminuir os tempos de resposta (THELEN et al., 1997; MELZER et al., 2007).

O controle postural é complexo e a análise de um sistema em equilíbrio estático não deve ser utilizada para medir a eficiência do equilíbrio dinâmico. Logo, deve-se utilizar testes dinâmicos ou com perturbação para um melhor controle sobre as estratégias de controle postural.

Portanto, a análise e comparação do equilíbrio estático de idosos institucionalizados com idosos praticantes de exercícios físicos regulares, a determinação da reprodutibilidade dos parâmetros estabilométricos na recuperação do equilíbrio decorrente de um teste de perturbação, a análise e comparação destes parâmetros durante a recuperação do equilíbrio, entre jovens e idosos e finalmente a verificação da relação entre o teste *Timed up and Go* (TUG), parâmetros da função contrátil muscular (pico de força, taxa de desenvolvimento de força) e histórico de quedas com os parâmetros estabilométricos na situação de perturbação inesperada em idosos são ferramentas importantes que certamente contribuirão na identificação de idosos mais susceptíveis às quedas e na implementação de estratégias preventivas mais eficazes.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi o de analisar os mecanismos de controle postural em idosos durante a recuperação do equilíbrio, após perturbação inesperada em um novo teste metodológico.

### 2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo de analisar os mecanismos de controle postural em idosos após perturbação do equilíbrio, foram conduzidas as seguintes análises:

- Analisar e comparar o equilíbrio estático de idosos institucionalizados com idosos praticantes de exercícios físicos regulares.
- Determinar a reprodutibilidade dos parâmetros estabilométricos na recuperação do equilíbrio decorrente de um teste de perturbação.
- Analisar e comparar os parâmetros estabilométricos durante a recuperação do equilíbrio, decorrentes de uma perturbação inesperada entre jovens e idosos.
- Verificar a relação entre o teste *Timed up and Go* (TUG), parâmetros da função contrátil muscular (pico de força, taxa de desenvolvimento de força) e histórico de quedas com os parâmetros estabilométricos na aplicação de uma perturbação inesperada em idosos.

O presente estudo foi elaborado em nove capítulos, nos dois primeiros capítulos são apresentados a introdução e objetivos gerais do estudo. No terceiro capítulo consta a revisão de literatura. Os capítulos quatro, cinco, seis e sete apresentam os quatro estudos experimentais, com seus respectivos objetivos, hipóteses, métodos, resultados, discussão e considerações finais. No capítulo oito as conclusões gerais dos estudos estão relacionadas, assim como as sugestões para estudos futuros. O último capítulo apresenta as referências utilizadas para a elaboração do presente trabalho.

### 3. REVISÃO LITERATURA

Neste capítulo são abordados os principais conceitos teóricos que fundamentam este estudo. Inicialmente, os processos envolvidos no envelhecimento, os mecanismos de quedas e sua importância para a população idosa. Posteriormente são apresentados os aspectos relativos à estabilometria (equilíbrio estático e dinâmico) e por fim as relações das características contráteis com o envelhecimento e quedas.

#### 3.1. Envelhecimento e quedas

A ampliação do tempo de vida tem sido observada como consequência da melhora substancial dos parâmetros de saúde das populações provocando crescimento da população com mais de 60 anos e tornando-se um dos maiores desafios para a saúde pública contemporânea (WONG & CARVALHO, 2006). Este fenômeno que ocorreu inicialmente em países desenvolvidos é realidade nos países em desenvolvimento, sendo que nestes últimos o envelhecimento da população tem ocorrido de forma mais acentuada. No Brasil, o número de idosos teve aumento de 500 % em 40 anos, passando de três milhões em 1960, para sete milhões em 1975 e 14 milhões em 2002 e estima-se que alcançará 32 milhões em 2020 (LIMA-COSTA & VERAS, 2003). Hoje com 190,7 milhões de habitantes a proporção de idosos é de 10,3% (19,6 milhões) e a cada ano, 650 mil novos idosos são incorporados à população brasileira (IBGE, 2011). Em países europeus, como a Bélgica, por exemplo, foram necessários cem anos para que a população idosa dobrasse de tamanho.

A própria população idosa está envelhecendo, o número de indivíduos com 80 anos ou mais está crescendo mais rápido do que qualquer outro grupo de idosos (PAULA, 2010), a taxa anual de crescimento da população com 80 anos ou mais apresentou em 2008 o dobro (3,8%) de crescimento em comparação ao crescimento da população com mais de 60 anos (1,9%).

O envelhecimento é processo inevitável, dinâmico e irreversível (ZAGO & GOBBI, 2003), porém é importante que se consiga agregar qualidade aos anos adicionais de vida. O aumento da idade cronológica está associado às alterações morfológicas, que acarretam diminuição das capacidades físicas, consequentes de várias transformações no sistema neuromuscular, além destas, alterações fisiológicas, bioquímicas e também psicológicas são observadas: sentimento de velhice, depressão e outros são comuns e afetam a saúde do idoso, limitando a realização das atividades da vida diária (SPIRDUSO, 2005). As alterações no sistema neuromuscular podem gerar problemas adicionais associados como as quedas que são frequentes nesta fase da vida tornando-se um dos maiores desafios entre os agravos à saúde na senilidade, assim existe a necessidade de reorganização dos modelos assistenciais para que o atendimento ao idoso seja adequado e voltado à prevenção e identificação dos processos característicos do envelhecimento (CAMPBELL et al., 1995; LIPITZ, 2002; YAO, 2009).

Com o avanço da idade ocorrem alterações nos sistema sensorial e motor provocando reduções na força muscular (SHUMWAY-COOK & HORAK, 1986; REEVES et al., 2004; CLOSE et al., 2005; DELMONICO et al., 2009), na potência muscular (CANDOW & CHILLIBECK, 2005), da massa óssea (KLEIN et al., 2002), perda de flexibilidade (KERRIGAN et al., 2003; RODACKI et al., 2009) e sensibilidade do sistema sensorial (TINETTI et al., 1988) que têm impacto na capacidade funcional e afetam o sistema de controle postural do idoso, reduzindo a mobilidade, independência e aumentando a susceptibilidade às quedas (MURRAY et al. 1980; NEVITT et al., 1989; CLARK & MANINI, 2010). Isto ocorre pela característica do processo de envelhecimento, pois há uma diminuição na qualidade e quantidade do processamento de informação no sistema nervoso central necessárias para um controle postural eficiente (SHUMWAY-COOK & HORAK, 1986; MACIEL & GUERRA, 2005) o que pode levar o idoso a uma maior probabilidade de quedas.

As quedas são importante causa do número de lesões e podem gerar incapacidade e até a morte. Estudos anteriores relataram que 40% a 60% das



quedas levam a ferimentos, sendo 30% a 50% de ferimentos leves, 5% a 6% de lesões mais graves e 5% de fraturas (RUBENSTEIN et al., 2000; PEREIRA et al., 2001; MASUD & MORRIS, 2001). Assim, considerada como indicador de declínio da capacidade funcional exige uma avaliação cuidadosa dos fatores contribuintes (HINDMARSH & HARVEY ESTES, 1989). Portanto, o envelhecimento está associado a conjunto de alterações na funcionalidade, mobilidade, autonomia e saúde da população. Os fatores de risco associados às quedas são classificados em extrínsecos (ambientais) e intrínsecos (fisiológicos, musculoesqueléticos) (MASUD & MORRIS, 2001; PERRACINI & RAMOS, 2002; HILL & SCHWARZ, 2004). Entretanto, existe uma complexa interação entre os vários componentes do sistema, ou seja existe uma interação (percepção - ação) da informação do ambiente para controlar os movimentos.

Dentre os fatores extrínsecos com potencial implicação em quedas destacam-se a qualidade e intensidade da iluminação, superfícies irregulares, tapetes soltos, condições do piso, degraus altos ou estreitos, calçados inadequados, falta de corrimão em banheiros e corredores, armários altos ou muito baixos, roupas excessivamente compridas, obstáculos no caminho, uso combinado de medicações e os riscos associados às próprias atividades que o idoso realiza (PEREIRA, 1994; BARAFF et al., 1997; FULLER, 2000). Dentre os fatores de risco intrínsecos destacam-se a redução da força e potência muscular, problemas de equilíbrio, anormalidades no padrão da marcha, déficit visual e auditivo, limitação da amplitude de movimentos (ADAMS et al., 1999), aumento do tempo de reação, redução das funções sensoriais, funcionais, cognitivas e perceptivas (BARAF et al., 1997; BIRGE, 1999; MELZER et al., 2001).

O envelhecimento tende a reduzir a amplitude de movimentos das articulações (ADAMS et al., 1999; BRANDON et al., 2000), a diminuição da flexibilidade articular está associada à ocorrência de quedas no idoso, principalmente ocasionada pela diminuição de mobilidade de quadril, joelhos, tornozelos (ROZENFELD, 1997; BRANDON et al., 2000), gerando alterações no padrão de equilíbrio e, portanto, dificuldades no desempenho de tarefas

cotidianas, como utilizar transportes públicos, transpor desníveis no solo (calçadas, escadas, etc.) e caminhar (SHEPHARD, 1997).

Assim, considerando a multiplicidade de fatores de risco relacionados às quedas em idosos, torna-se fundamental o conhecimento de tais agentes para que seja possível a identificação de pessoas mais expostas ao risco de quedas. LIPSITZ et al. (1991), acompanharam um grupo de idosos acima de 70 anos de idade por um ano e registraram as quedas ocorridas no período. Foram encontrados que a ausência ou diminuição de atividade física, redução da força muscular, menor estabilidade na postura em pé, artrite nos joelhos, acidente vascular cerebral e uso de drogas psicotrópicas foram os fatores associados com o aumento do risco de quedas. Logo, observa-se que as quedas em idosos envolvem múltiplos fatores de risco, os quais podem ser evitados e/ou reduzidos.

O número de quedas aumenta progressivamente com a idade para ambos os sexos e grupos étnicos. No Brasil, 30% dos idosos têm incidentes envolvendo quedas pelo menos uma vez no ano, sendo que a frequência de quedas em mulheres é maior do que em homens da mesma faixa etária (MASUD & MORRIS, 2001; PERRACINI & RAMOS, 2002; GAC et al., 2003). A ocorrência de queda em relação à faixa etária é da ordem de 32% (65 a 74 anos), 35% (75 a 84 anos), 51% em indivíduos acima de 85 anos (PEREIRA et al., 2001; SIQUEIRA et al., 2011).

O histórico de quedas foi estudado em idosos, participantes de um programa de atividade física (GUIMARÃES & FARINATTI, 2005), onde foram avaliados parâmetros como visão, uso de medicamentos, doenças associadas, flexibilidade, força e equilíbrio. Os resultados indicaram que a deterioração da visão, o uso de medicamentos e flexibilidade reduzida (quadril e tornozelo) parecem associar-se mais fortemente com a frequência de quedas. Entretanto, este estudo apresentou algumas limitações tais como, discriminação entre idosos com e sem histórico de quedas, a não utilização de testes funcionais e estabilométricos, que podem introduzir outros elementos na interpretação dos fatores predisponentes para a prevalência das quedas.

Em estudo mais recente, conduzido por Gonçalves et al. (2009), foi analisado o equilíbrio de idosos em relação ao histórico de quedas em população constituída por 96 idosos com idade superior a 65 anos. Os idosos foram divididos em três grupos de acordo com o relato de quedas do ano anterior ao estudo (sem quedas, com uma queda e quedas recorrentes). Para a avaliação do equilíbrio foi utilizado como instrumento a *Berg Balance Scale* (BBS) e o *Time Up and Go Test* (TUGT). Os resultados apontaram que idosos com uma queda ou mais realizaram o teste de TUGT em um tempo maior que os sem queda. O teste BBS indicou que idosos com quedas recorrentes pontuaram significativamente menos que os sem histórico de quedas. Assim, os dados demonstram que idosos com histórico de quedas recorrentes apresentaram comprometimento na avaliação do equilíbrio quando comparados a idosos que não sofreram quedas, indicando que os primeiros apresentaram déficit no controle postural. Uma das limitações deste estudo foi a de não analisar a força nas articulações dos membros inferiores, pois a redução da força com o envelhecimento diminui a capacidade de gerar torque, principalmente ao redor do tornozelo e com isto o controle postural fica prejudicado.

O local onde o idoso reside, na comunidade ou em instituições são condições de vida distintas, geralmente associadas a diferenças no nível de atividade física e de incapacidade (HENRY et al., 2001). Apesar de, muitas vezes, os idosos serem institucionalizados ainda com um nível de autonomia elevado, a falta de realização de atividades cotidianas contribui para a redução da capacidade física e aumento do risco de quedas (BREUER et al., 2000; HENRY et al., 2001).

As atividades da vida diária bem como a prática de uma atividade física atuam como forma de prevenção da saúde do idoso (LEE et al., 1995; GOBBI, 1997) e estas estão associadas com a autonomia e independência desta população. De fato, o declínio dos níveis de força, agilidade, flexibilidade e coordenação, aumenta no idoso a dificuldade em combinar movimentos, o que exige maior esforço para realizar as atividades do cotidiano (ZAGO & GOBBI,

2003). Esta condição representa fator de risco, pois os idosos institucionalizados apresentam grande prevalência de ansiedade e depressão (WANG et al., 2001), causadas principalmente pela monotonia e dependência, assim, precisam de atenção e da prática de atividades físicas e cognitivas (MELZER et al., 2001; MCLULLICH et al., 2005), já que muitos possuem morbididades físicas e mentais que os tornam mais susceptíveis a quedas (SOARES et al., 2004; CAMPBELL et al., 2005).

O nível de aptidão física pode melhorar com a prática de algum tipo de exercício físico sistematizado como forma de prevenção e reabilitação da saúde do idoso (BASSEY, 1997). Dessa forma, a inclusão num programa de exercícios físicos regular pode prevenir os efeitos do envelhecimento sobre a força muscular (KALAPOTHARAKOS et al., 2005; PERSCH et al., 2009) e desempenho funcional (HUNTER et al., 2004; UENO et al., 2012), melhorando os mecanismos de controle postural e consequentemente reduzindo o risco de quedas (EDELBERG, 2003).

Um estudo de revisão sistematizada com o objetivo de relacionar os efeitos de diferentes programas de exercício físico na redução do risco de quedas em idosos foi realizado por Bento et al. (2010). Os autores concluíram que atividades associadas a componentes de força e/ou equilíbrio, com outras formas de intervenção no mínimo duas vezes por semana, mostraram-se mais eficientes em prevenir as quedas em idosos.

Portanto, é notório que o envelhecimento reduz a autonomia do idoso e provoca diminuição da sua capacidade de controle postural, aumentando a dificuldade nas realizações das tarefas diárias, na locomoção e na predisposição a quedas. Assim, é importante entender os mecanismos de controle postural nesta população, tanto na postura ereta quanto em situações de perturbação geradas por fatores intrínsecos ou extrínsecos, como forma de prevenir quedas e melhorar a qualidade de vida do idoso.

### 3.2. Força muscular e envelhecimento

O envelhecimento causa redução na função muscular, a qual se acentua a partir dos 60 anos. Esta perda está associada às alterações neuromusculares e como consequência ocorre diminuição da habilidade de produção de força, que bioquimicamente relaciona-se principalmente com alterações nas fibras musculares e proteínas das unidades contráteis (DOHERTY et al., 1993; AAGAARD et al., 2007).

A redução da força muscular em idosos ocorre por alterações na redução do número e tamanho das fibras musculares (tipo I e II), na área da secção transversa do músculo e na capilarização das fibras (FRONTERA et al., 2000; DELMONICO et al., 2005; GOODPASTER et al., 2006). Estas mudanças provocam redução entre 20 e 40% na força isométrica em idosos com mais de 70 anos (VANDERVOORT & SYMONS, 2001).

A perda da massa muscular está associada a diminuição na força muscular que é de aproximadamente 15% por década entre os 50 e 70 anos e depois aumenta para 30% a cada 10 anos (LARSSON et al., 1983; ROGERS & EVANS, 1993). Este decréscimo na força está associado à atrofia das fibras musculares que leva a redução de cerca de 50% na área transversa do músculo aos 80 anos (LEXELL et al., 1988; PROCTOR et al., 1995). Declínios de 20 a 30% da força máxima para os músculos flexores e extensores do joelho e cotovelo, foram encontrados em estudo longitudinal com idosos sedentários (FRONTERA et al., 2000).

O declínio da força no idoso também é resultado de menor velocidade na capacidade de recrutamento neural (HAKKINEN et al., 1996; CARVALHO & SOARES, 2004). Mudanças também ocorrem no número de unidades motoras, que declinam com a idade (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003) devido à redução das fibras mielinizadas e alterações na junção neuromuscular, que afetam a capacidade funcional dos músculos.

Assim, estes mecanismos reduzem a capacidade do idoso em ativar completamente seus grupos musculares, provocando declínios tanto quantitativos como qualitativos nas atividades desenvolvidas pelos idosos, podendo inclusive levar a maior predisposição a quedas (ADAMS et al., 1999; CARTER et al., 2001; EDELBERG, 2001).

As atividades diárias, laborais e/ou recreativas são influenciadas pela capacidade neuromuscular e pelo equilíbrio. A capacidade de desenvolver tarefas cotidianas é determinada, em grande parte, pela capacidade dos grupos musculares de desenvolver força (BRILL et al., 2000 e HUGHES et al., 2001). Com a redução da força ocorre a diminuição da amplitude de movimento articular (ALEXANDER et al., 1994), os movimentos ficam mais lentos, a fadiga aparece mais rapidamente e estas limitações provocam dificuldades na execução de tarefas e pode se tornar fator importante na perda do equilíbrio postural. A diminuição da força também está associada à perda da massa muscular, que pode ser determinada pela atrofia ou pela redução do número de fibras musculares (FRONTERA et al., 2000; LEXELL, et al., 1988).

Um estudo com 468 indivíduos de ambos os sexos (com idades entre 18 e 88 anos) verificou que a perda de massa muscular se inicia na terceira década de vida e que esta se torna significativa a partir do final da quinta década (SPIRDUSSO, 2005). A redução da massa é maior nos membros inferiores do que nos superiores e ocasiona maior redução de força nos membros inferiores e consequentemente diminuindo a estabilidade da postura em pé bem como aumentando o desequilíbrio (TINETTI & SPEECHLEY, 1989).

Logo, a redução na quantidade de força está associada a maior incidência de quedas em idosos (ADAMS et al., 1999; CARTER et al., 2001 e EDELBERG, 2001). Wiacek et al. (2009), analisaram a correlação entre a força dos membros inferiores e a estabilidade postural em função da idade em 180 mulheres idosas, divididas em 6 grupos etários (65-69, 70-74, 75-79, 80-84, 85-89 e 90-94 anos). Os resultados demonstraram redução da força dos membros inferiores e equilíbrio postural com o avanço da idade e que a partir de 75 anos os processos de degeneração neuromusculares são responsáveis pelo aumento significativo do

risco de quedas. O aumento da força de membros inferiores desempenha função importante no equilíbrio, melhorando o controle postural e reduzindo o risco de quedas em idosos (WIKSTEN et al., 1996). Isto foi observado nos estudos de Iverson et al. (1990), com 54 idosos com idade superior a 60 anos.

Outro fator que pode levar a perda do controle postural é a fadiga muscular (ENOKA, 1992; DIMITROVA & DIMITROV, 2003). Os fatores etiológicos ao qual a fadiga é desencadeada advêm de uma combinação de fatores centrais e periféricos que acabam por levar a diminuição do controle motor (NOAKES, 2000; YAGGIE & Mc GREGOR, 2002). Estudos têm demonstrado que a fadiga muscular altera adversamente a propriocepção (SKINNER et al., 1986; LATTAZIO & PETRELLA, 1998), o controle neuromuscular (LEPERS et al., 1997) e o controle postural (YAGGIE & Mc GREGOR, 2002), predispondo os indivíduos a lesões osteomioarticulares (JOHNSTON et al., 1998; YAGGIE & Mc GREGOR, 2002) e consequências deletérias sobre a aptidão física. A redução da força dos músculos extensores do joelho em idosos foi acompanhada por um aumento na fadiga muscular e da necessidade de auxílio na realização de determinadas tarefas diárias, principalmente as de longa duração (AVLUND et al., 1994).

Por outro lado, alguns estudos tem demonstrado que aumentos na força muscular não causam, necessariamente, melhoria sobre a capacidade de realização de tarefas diárias (RUNGE et al., 2000; RUNGE et al., 2004; HAZELL, et al., 2007). Na recuperação a uma perturbação é necessário que o idoso consiga gerar não somente grandes quantidades de força nos músculos dos membros inferiores, mas também que esta força muscular seja desenvolvida com grande velocidade, para que se tenha um melhor controle postural reduzindo a excursão do CoP e minimizando o risco de quedas (VAN DEN BOGERT et al., 2002; MELZER et al., 2007). A potência muscular é dependente da taxa de desenvolvimento da força (TDF) e representa a razão entre o pico de força e a unidade de tempo em que este foi alcançado (AAGAARD et al., 2002). Assim, a TDF pode ser considerada um importante parâmetro para quantificar a habilidade do sistema neuromuscular de executar ações musculares rápidas.

As diferenças encontradas na TDF entre indivíduos podem ser explicadas pelos diversos fatores que estão relacionados com a transmissão de força (JENSEN & EBBEN, 2007), como as propriedades musculares tais como, tamanho muscular, área relativa das fibras rápidas (HAKKINEN et al., 1985; HARRIDGE et al., 1996), distribuição das fibras musculares (HARRIDGE et al., 1996; AAGAARD & ANDERSEN, 1998) e fatores neurais, como a capacidade eferente do motoneurônio na fase inicial de contração (VAN CUTSEM et al., 1998; AAGAARD, 2003), a frequência de disparos e o recrutamento dos motoneurônios (VAN CUTSEM et al., 1998; AAGAARD et al., 2002; AAGAARD, 2003).

Com o envelhecimento ocorre a diminuição da velocidade de transmissão nervosa e redução na capacidade de geração de força muscular (STELMACH et al., 1989; MANCHESTER et al., 1989; NAKAMURA et al., 2001; OKADA et al., 2001; LIN & WOOLLACOTT, 2002; LEE & CHOU, 2006; FREITAS et al., 2010), isto provoca declínio na taxa de desenvolvimento da força e consequentemente na redução da potência muscular, influenciando a capacidade do músculo em gerar torques suficientes para a recuperação do controle postural em situações de queda em idosos (MALONE et al., 2002). Em um estudo que analisou o equilíbrio Ringsberg et al. (1999), verificaram redução na força e potência muscular para os flexores e extensores do joelho e dorsiflexores do tornozelo em idosos com histórico de quedas frequentes.

Incrementos na potência muscular são propostos como mais apropriados para melhorar a funcionalidade e prevenir quedas na terceira idade (HAZELL et al., 2007; WALLERSTEIN et al., 2012). O desenvolvimento da potência muscular pode resultar em melhor capacidade de realizar movimentos mais rápidos, visto que esse tipo de estímulo tende a aprimorar as taxas iniciais de disparo das unidades motoras, sincronização e nível de ativação muscular, além de diminuir o limiar de ativação quando comparado ao treinamento de força (VAN CUTSEM et al., 1998; KLEIN et al., 2002; MISZKO et al., 2003).



Assim, verifica-se que a função muscular está relacionada aos eventos de queda em idosos, entretanto, como a força muscular é melhorada através de exercícios físicos, as quedas em idosos causadas por esses fatores podem ser prevenidas. Em um estudo que comparou os efeitos de um programa de hidroginástica com os de um programa de treinamento de força muscular sobre a função muscular, equilíbrio e funcionalidade de idosos, Bento (2012) acompanhou 52 idosos com idade superior a 60 anos, distribuída em três grupos: grupo de hidroginástica, de força e controle com treinamentos tiveram duração de 60 minutos, realizados três vezes por semana durante 12 semanas. As participantes foram analisadas no início e no final dos programas de treinamento nos parâmetros de força muscular, na taxa de desenvolvimento de força de membros inferiores, equilíbrio estático, equilíbrio dinâmico, testes funcionais e análise cinemática da marcha. Os resultados demonstraram que os programas de treinamento melhoraram a força e o pico de força, porém apenas as ações musculares rápidas com uso de equipamentos resistivos realizadas pelo grupo de hidroginástica foram efetivas para o aumento da TDF.

Durante a posição estática os músculos que cruzam a articulação do tornozelo são capazes de fornecer a informação sensorial necessária para manter a posição vertical do corpo (GATEV et al., 1999), principalmente os músculos: sóleo, gastrocnêmio e tibial anterior (CLARK et al., 1993; LORAM et al., 2005). Estes músculos impedem a rotação do corpo para frente, mantendo a projeção do centro de gravidade (CG) próximo da articulação do tornozelo, com isso evitando a queda (BASMAJIAN & DE LUCA, 1964; LORAM et al., 2005). A principal ação na articulação do tornozelo é realizada pelos plantiflexores (MASANI et al., 2003; LIU & LOCKHART, 2009), enquanto os dorsiflexores, principalmente o tibial anterior, são capazes de fornecer a informação da posição do corpo (LIU & LOCKHART, 2009). No entanto, não deve ser entendido que o tibial anterior é sempre o melhor registro de oscilação do corpo e que os músculos plantiflexores são sempre agonistas do tornozelo, os papéis são dinâmicos (DI GIULIO et al., 2009). Assim, pode-se esperar alternância de atividade agonista entre os plantiflexores e dorsiflexores do tornozelo associada à oscilação do corpo no

plano sagital, no sentido anteroposterior. No joelho é predominante a ação dos músculos extensores e na articulação do quadril a ação primária é dos músculos flexores.

Para evitar queda após perturbação, altas demandas são colocadas sobre os músculos dos membros inferiores e estes desempenham papel importante na recuperação do equilíbrio por gerar momentos durante a oscilação. Com a diminuição da força muscular os idosos apresentam redução nas taxas de força em todas as articulações dos membros inferiores o que pode contribuir para respostas de recuperação inadequadas e ser fator limitante na prevenção de quedas (PIJNAPPELS et al., 2005; PIJNAPPELS et al., 2005; PIJNAPPELS et al., 2008). Assim, compreender o papel da força e da taxa de desenvolvimento de força no equilíbrio postural fornece elementos necessários para introduzir estratégias de prevenção de quedas em idosos.

### 3.3. Controle Postural

O estudo do controle postural humano tem despertado o interesse em diversas áreas do conhecimento científico. Sua aplicabilidade ocorre em distintos segmentos clínicos e esportivos como na medicina (ROSA et al., 2006), fisioterapia (NICHOLS, 1997), otorrinolaringologia (BITTAR et al., 2007), fisiologia (VAN DAELE, 2007), biomecânica (VIEIRA & OLIVEIRA, 2006), gerontologia, (BREUER et al., 2000), entre outros.

O controle postural objetiva estabilizar o centro de massa dentro da base de sustentação do corpo em situações estáticas e/ou dinâmicas (HORAK et al., 1989; BERG & NORMAN, 1996) , como por exemplo na realização de uma atividade diária (caminhar) ou durante perturbações inesperadas (tropeços). Para isso, necessita de orientação e equilíbrio postural (HORAK & MACPHERSON, 1996) que são dependentes da regulação e integração dos sistemas motor e sensorial (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003).

A orientação postural está relacionada com a capacidade de manutenção do alinhamento dos segmentos corporais entre si e com o ambiente, enquanto o equilíbrio postural envolve a coordenação de estratégias sensoriomotoras para estabilizar o centro de massa durante movimentos intencionais e as perturbações externas (HORAK, 2006). Assim, a posição do centro de massa é controlada em relação à superfície de apoio e direção da força gravitacional (MASSION, 1992; NASHNER & McCOLLUM, 1985). A ausência de um nível apropriado de controle postural torna difícil a realização de uma tarefa comum.

O processamento do controle postural ocorre inicialmente pelas informações recebidas do ambiente, por exemplo, a posição do corpo e sua trajetória no espaço são fornecidas por meio do sistema sensorial. O sistema nervoso central (SNC) recebe essas informações aferentes e regula a ação para manter o equilíbrio e a orientação postural do corpo, sendo que a execução das respostas programadas pelo SNC é realizada pelo sistema motor (NASHNER & McCOLLUM, 1985; HORAK & MACPHERSON, 1996; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; HORAK, 2006). Assim, o equilíbrio interfere na capacidade do idoso em desenvolver suas tarefas diárias e a manutenção do equilíbrio (estático e/ou dinâmico) é dependente de fatores extrínsecos e intrínsecos sendo que a alteração de um ou mais fatores gera modificação no controle postural aumentando o risco de quedas nesta população (CARTER et al., 2001; SPIRDUSO, 2005).

Como o equilíbrio corporal diminui com a idade, observa-se declínio mais acentuado a partir dos 60 anos (CARVALHO & SOARES, 2004). Além da amplitude e frequência de oscilação corporal ser maior nos idosos a correção da orientação corporal é mais lenta quando comparada com a de jovens (DALEY & SPINKS, 2000), também ocorre maior lentidão para planejar e executar movimentos coordenados. Logo, as respostas posturais decorrentes dos sistemas de controle postural são utilizadas para corrigir perturbações, com o intuito de manter o equilíbrio corporal, evitando desta maneira a queda.

Para avaliar o controle postural na posição estática é necessário considerar os limites de estabilidade do corpo com outros fatores tais como: componentes da base (comprimento anteroposterior e médio lateral do apoio), a posição da projeção vertical do centro de gravidade em relação aos limites da base de apoio, a altura do centro de gravidade, o peso do indivíduo (HAYES, 1982), e a interação entre a posição e a velocidade de deslocamento do centro de massa corporal (PATTON et al., 2002).

A postura ereta apresenta grandes variações entre diferentes populações e faixas etárias, pois a amplitude de inclinação postural aumenta a cada década de vida (TOUPET et al., 1992). A mudança na estrutura músculo esquelética do idoso faz com que o alinhamento postural seja mais inclinado do que o de um adulto jovem (LEWIS & BOTTOMLEY, 1990). Apesar das diferenças encontradas na inclinação postural, isto não dificulta a orientação e o equilíbrio postural dos idosos na posição ereta estática (WOLFSON et al., 1993).

Apesar desta inclinação não acarretar prejuízo para o idoso na postura estática, o risco de queda aumenta com o idoso em movimento na realização de suas tarefas diárias, pois esta inclinação provoca o deslocamento do centro de massa para mais próximo dos limites da base. Assim, aumentando a instabilidade e forçando o idoso a produzir uma quantidade de força e torques maiores nas articulações dos membros inferiores para manter a posição de equilíbrio (HILLIARD et al., 2008). Dessa forma, alterações na orientação postural são implementadas, por exemplo, o idoso tende a aumentar a base de sustentação para realizar atividades do cotidiano, na marcha os passos tornam-se mais curtos e lentos para proporcionar melhor equilíbrio (MOURA et al., 1999).

Quando o conjunto de informações visuais, vestibulares e proprioceptivas não interage corretamente, origina-se perturbação do estado de equilíbrio, provocando desequilíbrio corporal, sendo esta uma provável causa de queda (BARBOSA et al., 2001). O envelhecimento pode ser responsável por estes distúrbios que comprometem a habilidade do idoso em regular de forma refinada

os estímulos. Para avaliar a contribuição dos sistemas sensoriais no controle postural é necessário a manipulação destas informações na manutenção do equilíbrio estático (BLACK et al., 1988; HORAK & MACPHERSON, 1996; BARIN et al., 1997; SHUMWAY-COOK et al., 2000; GILL et al., 2001; TEASDALE & SIMONEAU, 2001; SPEERS et al., 2002). Logo, o comprometimento de um dos sistemas influencia no controle postural e aumenta a dependência de informações provenientes dos demais sistemas, levando o idoso a apresentar maior risco de quedas.

O efeito da visão sobre a estabilidade postural foi estudado por Hytönen et al. (1993), que analisaram 212 voluntários saudáveis com idade variando de 6 a 90 anos em uma plataforma de força. A velocidade de oscilação foi medida na condição de olhos abertos e fechados em uma postura imóvel em duas superfícies diferentes (lisa e coberta com espuma). Os resultados demonstraram que a informação visual é importante para controle do equilíbrio em crianças e idosos.

O equilíbrio corporal de 20 idosos que participavam de atividades de hidroginástica e 15 adultos sedentários foi comparado em diferentes bases de apoio (pés juntos, pés na largura do quadril e pé direito com afastamento anterior), com a manipulação da visão (MANN et al., 2008), por meio de uma plataforma de força. Os resultados demonstraram que não houve diferença no equilíbrio entre os grupos nas três posições de bases de apoio com a utilização da informação visual. Quando a informação visual foi manipulada, indivíduos de ambos os grupos apresentaram diferença significativa para a maioria das variáveis, destacando assim a importância da informação visual para o controle postural em idosos. Este estudo apresentou algumas limitações que podem ser adequadas em estudos futuros na mesma temática tais como, identificar a influência do tempo de prática, determinar o nível de atividade física entre os grupos e a realização de testes funcionais nos idosos.

Existe uma grande dependência, por parte dos idosos, da informação proprioceptiva e visual para o controle postural (RICCI et al., 2009). Contudo, nas

situações de conflito entre as informações ambientais e corporais, é acionado o sistema vestibular. O controle da postura ereta é mediado por um complexo processo de reflexos que asseguram a manutenção do equilíbrio corporal mediante o fluxo de impulsos aferentes oriundos das estruturas proprioceptivas, vestibulares e visuais ao sistema nervoso central (SHUMWAY-COOK & WOLLACOTT, 2003; FREITAS & BARELA, 2006; HORAK, 2006). Alterações neste controle podem ocorrer por vários fatores como, por exemplo, através de lesões ortopédicas (HENRIKSSON et al., 2001), disfunções vestibulares (BASTOS et al., 2005) e após exercício fatigante (WESTTHOFF et al., 2000; YAGGIE & Mc GREGOR, 2002).

Uma das formas de estudar o controle postural é avaliar o equilíbrio dinâmico, por meio da análise do comportamento do corpo durante uma perturbação, isto pode ser realizado através de instrumentação tais como, as plataformas de força (DUARTE & FREITAS, 2010; SABCHUK et al., 2012), testes de campo (SABCHUK et al., 2012), entre outros. As plataformas de força são comuns em estudos de equilíbrio e suas análises baseiam-se na oscilação do centro de pressão (CoP) nas direções anteroposterior e médio-lateral (HILLIARD et al., 2008). Portanto, a plataforma de força mensura a interação do centro de massa do indivíduo e a oscilação do CoP na determinação do equilíbrio postural durante a execução de uma determinada tarefa motora.

Os sinais estabilométricos representam um indicador de como o sistema de controle motor é capaz de organizar os segmentos corporais para resolver problemas de equilíbrio. Por meio de testes de equilíbrio na plataforma de força pode-se estudar o risco de quedas em idosos (HOLBEIN-JENNY et al., 2007; PAJALA et al., 2008). Piirtola & Era (2006) realizaram um estudo de revisão sistemática para analisar os estudos prospectivos utilizando medidas da plataforma de força como preditores de quedas em idosos, e concluíram que as oscilações do CoP no controle postural medidos em plataformas de força podem ter valores preditivos, especialmente em relação às quedas.

Os ajustes posturais são estratégias de manutenção do equilíbrio em respostas às perturbações (DUARTE, 2000) e tem a finalidade de reposicionar o corpo após uma perturbação inesperada (compensatórios) ou minimizar as oscilações posturais em uma perturbação esperada, antecipatórios (MASSION, 1992; VANDERVOORT, 1992; CHABRAN et al., 2001). O que se observa é que os idosos procuram utilizar os ajustes antecipatórios como forma de minimizar os efeitos provocados por uma perturbação, alterando o posicionamento do corpo para preservação do equilíbrio, reduzindo o risco de quedas e aumentando a estabilização das articulações envolvidas na perturbação (MASSION, 1992; CHABRAN et al., 2001; AURIN & SHIRATORI, 2004) através de momentos inerciais que se opõem aos momentos do centro de massa controlando a velocidade e oscilação do CoP (WOLFSON et al., 1995; PIJNAPPELS et al., 2007; NAGAI et al., 2013; BOK et al., 2013).

As oscilações corporais em idosos nos planos sagital e frontal foram analisadas em indivíduos do sexo feminino com idades entre 65 e 84 anos. Os resultados demonstraram oscilação no plano frontal de  $8,87 \pm 5,51$  cm para o lado direito e de  $10,81 \pm 5,61$  cm para o esquerdo e no plano sagital de  $12,42 \pm 7,07$  cm posterior e  $19,00 \pm 9,58$  cm para frente (BARAUNA et al., 2004), entre as limitações deste estudo estão a não utilização de plataformas de força e análise do equilíbrio estático o que dificulta a predição de quedas pelo fato do indivíduo estar em posição estática.

Em outro estudo, foi avaliada a interação entre as adaptações posturais, oscilações posturais e índice de quedas. Participaram do estudo 16 idosos de ambos os sexos, divididos em grupo segundo a faixa etária: de 60 a 70 anos e de 71 a 80 anos e foi analisada a oscilação anteroposterior por meio de fotogrametria computadorizada. As oscilações anteroposteriores para os que apresentaram queda foram de 12,2% (60-70 anos) e 69,2% (71 a 80 anos) maiores que nos idosos sem histórico de quedas. Assim as oscilações corporais foram influenciadas pelo avanço da idade bem como as adaptações posturais, podendo ser esta uma das causas de quedas em idosos (AIKAWA et al., 2006).

Os parâmetros estabilométricos que melhor refletem os efeitos do envelhecimento sobre a estabilidade postural foram estudados por Du Pasquier et al. (2003). A estabilidade postural de 50 voluntários normais com idades compreendidas entre os 25-83 anos foi verificada em uma plataforma de força, onde os indivíduos permaneceram durante 30s em pé, na condição de olhos abertos e em seguida fechados. O deslocamento do centro de pressão e velocidades, nos eixos anteroposterior e médio-lateral foi registrado. Eles concluíram que medidas de posturografia com a utilização da plataforma de força, é uma maneira simples e confiável para avaliar o equilíbrio postural. Determinaram também a taxa de redução do equilíbrio postural devido ao envelhecimento, que é útil para ajudar a distinguir entre a parte da diminuição da estabilidade postural atribuíveis ao envelhecimento das relacionadas com as doenças neuro-degenerativas.

Assim, o equilíbrio deve ser considerado como a habilidade do sistema nervoso em detectar tanto antecipada como momentaneamente a instabilidade e de gerar respostas coordenadas para restabelecer a posição do centro de massa na base de suporte evitando a queda (HORAK et al., 1977).

Em um estudo que procurou determinar a estabilidade postural para identificar as causas de quedas em idosos (MELZER et al., 2004) foram analisados 19 indivíduos ( $78,4 \pm 1,3$  anos) que relataram quedas de no mínimo duas vezes nos seis meses anteriores ao estudo e 124 ( $77,8 \pm 0,53$  anos) que não sofreram quedas. Para isto, utilizaram uma plataforma de força onde os idosos foram avaliados em seis condições sensoriais diferentes (base alargada na condição de olhos abertos e fechados, base alargada sobre espuma, base estreita na condição de olhos abertos e fechados e base estreita sobre espuma). Também foi realizado teste isométrico de força máxima de membros inferiores e teste propioceptivo (discriminação de dois pontos) para verificar as informações somatosensoriais. Os resultados não encontraram diferenças entre idosos com e sem histórico de quedas para a força muscular. Entretanto, para as variáveis estabilométricas foram verificadas diferenças na velocidade, oscilação anteroposterior e médio-lateral do CoP entre os grupos na condição de olhos



abertos e base estreita. Eles concluíram que ocorreu maior oscilação na direção médio-lateral em idosos que sofreram quedas recorrentes com a diminuição da base de sustentação e com isso eles apresentaram risco três vezes maior de cair.

A literatura tem demonstrado o quanto a estabilometria é importante para identificar como o envelhecimento interfere na oscilação corporal e seu comportamento em idosos com ou sem histórico de quedas, na tentativa de determinar padrões de oscilação e classificar os idosos quanto ao risco de quedas (BALOH et al., 1994; BALOH et al., 1995; BALOH et al., 1998; PERRIN et al., 2006). Baloh et al., 1994, utilizaram uma bateria de testes de equilíbrio, teste de Tinetti, relato do medo de cair e número de quedas no ano anterior ao experimento, para medir a velocidade de oscilação em equilíbrio estático e dinâmico em 30 indivíduos jovens e 82 idosos. Os resultados demonstraram uma maior velocidade de oscilação nos idosos tanto em equilíbrio estático quanto dinâmico para as condições de olhos abertos e fechados. Idosos que relataram quedas não apresentaram diferença na velocidade de oscilação nos testes estáticos e dinâmicos em comparação com aqueles sem histórico de quedas. No entanto, os indivíduos que relataram medo de cair tinham velocidade de oscilação maior em testes dinâmicos com os olhos fechados em comparação com aqueles que não relataram medo de cair. A velocidade de oscilação foi maior em indivíduos mais velhos em comparação com os jovens e a diferença entre jovens e idosos é mais acentuada no equilíbrio dinâmico do que no estático.

Baloh et al. (1995) utilizaram duas amostras de idosos com idade superior a 75 anos, um dos grupos foi composto por indivíduos com equilíbrio normal, compatível com a idade (controle) e o outro com pessoas que apresentaram queixas de desequilíbrio (pacientes). Os parâmetros analisados foram: velocidade de oscilação em condição estática (em superfície com e sem espuma), equilíbrio dinâmico, teste de Tinetti, medo de queda, número e as circunstâncias da queda. Os resultados apontaram que a velocidade de oscilação anteroposterior foi maior nos pacientes em comparação com o grupo controle. Por outro lado, aqueles que relataram medo de cair tinham aumentado a velocidade de oscilação em

comparação com aqueles que não relataram medo de cair. Assim, a velocidade de oscilação no sentido anteroposterior é maior em indivíduos mais velhos, que se queixam de desequilíbrio em comparação com o grupo controle e a diferença é maior em equilíbrio dinâmico do que estático. No entanto, os resultados do equilíbrio forneceram poucas informações sobre as causas do desequilíbrio.

Com o objetivo de identificar se aumentos na oscilação corporal estão relacionados com o envelhecimento e se são maiores quando os idosos possuem alterações no equilíbrio e histórico de quedas, Baloh et al. (1998) avaliaram 72 idosos com idade entre 79 e 91 sem alterações neurológicas, por três anos. Amplitude e velocidade de oscilação em equilíbrio estático e dinâmico, teste de Tinetti, marcha e relatos de quedas foram analisados. Os resultados demonstraram que a velocidade de oscilação em testes dinâmicos aumentou durante os três anos de acompanhamento e o aumento percentual da oscilação foi aproximadamente o mesmo nas direções anteroposterior e médio-lateral na condição de olhos abertos e fechados. A oscilação aumentou em indivíduos normais ao longo do tempo e não foi maior naqueles que relataram quedas em comparação com aqueles sem histórico de quedas, provavelmente porque as quedas são altamente dependentes do comportamento individual. Apesar dos resultados destes estudos apresentarem informações importantes na avaliação do equilíbrio em idosos, os testes dinâmicos não foram realizados com perturbação em plataformas de força.

Para determinar a importância da estabilometria na estimativa do risco de quedas em idosos Perrin et al.(2006), estudaram a oscilação anteroposterior em 206 idosos com idade superior a 65 anos durante 16 meses. O controle postural foi avaliado por meio de testes estabilométricos realizados em uma plataforma de força (condição de olhos abertos e fechados) e testes funcionais. As quedas que ocorreram durante o período de realização do experimento foram acompanhadas por meio de um questionário aplicado a cada quatro meses. Os resultados demonstraram que 70% não sofreram quedas, 20% sofreram uma queda e 10%

apresentaram duas ou mais quedas. Entretanto, não foram encontradas diferenças entre os grupos em nenhuma das variáveis analisadas.

A estabilidade postural de 23 indivíduos com idade superior a 85 anos e 100 indivíduos com idades entre 50 e 60 anos foi analisada em uma plataforma de força nas condições de olhos abertos e fechados. A função sensorial dos membros inferiores foi perturbada por pequenos vibradores colocados nos músculos das pernas e os sujeitos foram colocados em uma superfície lisa e posteriormente coberta com espuma. Os resultados demonstraram maiores velocidades de oscilação nos idosos quando comparado com os mais novos, mesmo durante condições não perturbadas. A privação visual teve efeito significativo sobre a estabilidade postural, contribuindo com aproximadamente 50% da estabilidade, confirmando que os idosos necessitam do sistema visual para o controle postural, que é lento, como resultado da perda de estímulos sensoriais, e esta pode ser uma das causas para a susceptibilidade às quedas (PYYKKO et al., 1990).

Poulain & Giraudet (2008), pesquisaram a importância da visão no equilíbrio postural em indivíduos com idade entre 45 e 60 anos. Os resultados demonstraram que os indivíduos mais idosos eram mais instáveis do que os mais jovens, principalmente na ausência da informação visual. Assim, com o envelhecimento aumenta a dependência do campo visual para o controle do equilíbrio postural.

A eficácia de um programa com exercícios de equilíbrio na prevenção de quedas em idosos foi estudada em 73 idosos do sexo masculino e feminino com mais de 60 anos, e que tinham algum histórico de queda no ano anterior ao estudo (NITZ & CHOY, 2004). Todos os indivíduos receberam um folheto educativo de risco de queda e um calendário completo de incidentes para a duração do estudo. Iniciaram-se então as sessões de intervenção que eram realizadas uma vez por semana durante 10 semanas. Os resultados demonstraram que todos os participantes reduziram o número de quedas. Assim,

como esperado, pode-se considerar que treinamento de equilíbrio específico é mais indicado do que o exercício tradicional para melhorar a função de equilíbrio.

O equilíbrio estático e dinâmico em idosos e sua relação com idade e índice de massa corporal (IMC) foram analisados em 303 mulheres com idade média de 63 anos e 51 homens com idade média de 65,7 anos por meio de um teste de apoio unipodal, velocidade máxima ao andar e cálculo do IMC (REBELATTO et al., 2008). Concluíram que tanto as mulheres quanto os homens mais velhos com maior IMC apresentaram menor desempenho nos testes de equilíbrio estático e dinâmico.

Pajala et al. (2008), avaliaram 434 idosas com idades entre 63 e 76 anos com o objetivo de identificar quais parâmetros da plataforma de força poderiam prever o risco de quedas. As idosas foram submetidas a testes estáticos nas condições sensoriais de olhos abertos e fechados nas posições de tandem, semitandem, durante tarefas motoras de membro superior e tarefas cognitivas. Os resultados demonstraram que as idosas com maiores oscilações do CoP apresentaram um risco de 2 a 4 vezes maior para quedas quando comparados com os indivíduos com as menores oscilações do CoP. A conclusão do estudo foi de que os parâmetros mensurados com a plataforma de força fornecem informações válidas sobre o controle postural e podem ser usados para prever o risco de quedas, mesmo entre os idosos sem aparente alteração do equilíbrio ou histórico de quedas.

Muitos estudos procuraram estabelecer uma diferença nas respostas estabilométricas entre jovens e idosos comparando a oscilação corporal em testes de equilíbrio. Os resultados não encontraram alterações nas oscilações do CoP nos jovens, mas acharam grandes mudanças para os idosos nas direções médio-lateral, anteroposterior e velocidade. Concluíram que idosos possuem maior oscilação corporal quando comparados a jovens e que com o envelhecimento há um declínio acelerado na função do equilíbrio e um aumento do risco de quedas (HURLEY et al., 1998; LAUGHTON et al., 2003; LAUEFER et al., 2006; ERA et

al., 2006; PIJNAPPELS et al., 2006; MADEMLI et al., 2008; PARREIRA et al., 2013; HUANG & BROWN, 2013; BOK et al., 2013).

O que se verifica nos estudos apresentados é que existe uma preocupação dos autores em analisar o equilíbrio estático, através de testes e/ou equipamentos nas diferentes faixas etárias e sexos e de relacionar este equilíbrio com a redução do controle postural e a ocorrência de quedas em idosos. Entretanto, existe muita controvérsia nos resultados dos estudos sobre o controle da postura ereta não perturbada e problemas em indicar as reais causas das alterações comportamentais apresentadas por idosos durante a manutenção desta posição e na tentativa de prever risco de quedas. O controle postural é complexo e a análise de um sistema em equilíbrio estático não deve ser utilizada para medir a eficiência do equilíbrio dinâmico. No que diz respeito às quedas, observa-se que as pessoas dificilmente desequilibram quando se encontram na posição estática, mas quando estão caminhando ou executando alguma tarefa diária, ou seja, quando por algum motivo elas se encontram em movimento. Portanto, é necessário analisar o equilíbrio dinâmico, estudar as perturbações causadas no controle postural e como este reage às oscilações do centro de massa e estabiliza o equilíbrio de idosos com e sem históricos, para se prevenir as quedas.

Assim, a análise dos mecanismos de controle postural em idosos durante a recuperação do equilíbrio, após perturbação é importante para se verificar as estratégias utilizadas para reduzir o deslocamento do centro de pressão na direção anteroposterior e prevenir quedas.

## **4. COMPARAÇÃO DA ESTABILIDADE POSTURAL ENTRE IDOSAS RESIDENTES EM INSTITUIÇÃO DE LONGA PERMANÊNCIA E IDOSAS PRATICANTES DE EXERCÍCIO FÍSICO**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

A melhora substancial dos parâmetros de saúde das populações produziu crescimento da população com mais de 60 anos, esta ampliação do tempo de vida tornou-se um dos maiores desafios para a saúde pública contemporânea (WONG & CARVALHO, 2006). Entretanto, é necessário que se consiga agregar qualidade aos anos adicionais de vida do idoso e para que isto se torne realidade é importante manter sua independência, incorporar o idoso na sociedade e melhorar as políticas de prevenção e promoção da saúde (LIMA-COSTA & VERAS, 2003).

O aumento da idade cronológica está associado à diminuição das capacidades físicas, consequentes de várias transformações no sistema neuromuscular, no metabolismo e também alterações psicológicas que acompanham a idade como sentimento de velhice, depressão e outros (SPIRDUSO, 2005). As alterações no sistema neuromuscular podem gerar problemas adicionais associados, como as quedas que se tornam frequentes nesta fase da vida e são um dos maiores desafios dentre os agravos à saúde na senilidade (HINDMARSH & HARVEY ESTES, 1989).

Sabe-se que o equilíbrio diminui com a idade e que há declínio mais acentuado a partir dos 60 anos (CARVALHO & SOARES, 2004). Além da amplitude e frequência de oscilação corporal ser maior nos idosos a recuperação do equilíbrio é mais lenta quando comparada com jovens (DALEY & SPINKS, 2000). Assim, com o avanço da idade ocorre maior lentidão para planejar e executar movimentos coordenados, fazendo com que o idoso tenha maior dificuldade para manter o equilíbrio postural após perturbações e desta maneira evitar a queda (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003).

O controle postural é influenciado pela idade e agrava-se de forma mais acentuada em idosos institucionalizados, especialmente pela falta de atividade física e a redução das tarefas da vida diária (PAIDON et al., 2010). A falta de estímulos físicos é apontada como coadjuvante no aumento das limitações intelectuais e físicas e pode levar o idoso a invalidez e profundo abatimento moral que podem aumentar a predisposição às doenças crônico-degenerativas e outras patologias (BORN, 1996).

A incidência de quedas em idosos institucionalizados depende das diferenças culturais, sociais e das condições de vida dos idosos nas instituições (PERRACINI, 2005; HALIL et al., 2006). No Brasil a estimativa é de 50% de incidência de quedas em idosos institucionalizados (INTO), foram encontrados 40% de quedas em instituições de São Paulo (LOJUDICE, 2005; FERREIRA & YOSHITOME, 2010) e 60% na Bahia (SANTOS & ANDRADE, 2005).

O maior risco de quedas em idosos está associado às alterações do controle postural decorrentes de alterações do sistema sensorial e motor (NOAKES, 2000; BARBOSA et al., 2001; YAGGIE & MCGREGOR, 2002; GUIMARÃES & FARINATTI, 2005). A diminuição na capacidade de resposta do sistema neuromuscular em distúrbios tem sido apontada como um dos fatores predisponentes às quedas na terceira idade (PATTON et al., 2002; GUIMARÃES & FARINATTI, 2005; ALMEIDA, 2007; GONÇALVES et al., 2009).

Portanto, maiores reduções do controle postural são esperadas em idosos institucionalizados, pois a redução da prática da atividade física pode alterar o funcionamento do controle postural, uma vez que se acredita ser a falta de atividade uma das causas de um controle postural deficiente (MELZER et al., 2004; PRIOLI et al., 2005; ALMEIDA, 2007).

Exercícios de força, de equilíbrio e tarefas de funcionalidade relacionadas às atividades da vida diária, foram realizados em idosos com objetivo de melhorar a capacidade física destes indivíduos e reduzir o risco de quedas (MASUD & MORRIS, 2001; HILL & SCHWARZ, 2004). O treinamento de força pode ser

eficaz para reverter mudanças relacionadas à idade tais como, velocidade da marcha, comprimento de passada, cadência (PERCSH et al., 2009) e pode melhorar o índice de desenvolvimento de torque e o desempenho funcional (BENTO et al., 2012; UENO et al., 2012).

Assim, o envelhecimento associado ao crescimento da expectativa de vida traz a necessidade de ações preventivas que possam controlar os fatores de risco e promover a participação dessa população em atividades físicas (RUBENSTEIN et al., 2000; NITZ & CHOY, 2004; LI et al., 2005; WEERDESTYEN et al., 2006), considerando que a atividade física é reconhecida como importante recurso preventivo na melhoria do controle postural e na redução das quedas.

## **4.2 OBJETIVO**

O presente estudo teve como objetivo comparar o equilíbrio estático de idosas institucionalizadas não praticantes de exercícios físicos com idosas praticantes de exercícios físicos regulares.

### **4.2.1 Objetivos específicos**

Para atingir o objetivo deste estudo os seguintes objetivos específicos foram determinados:

- Determinar e comparar o equilíbrio estático entre os grupos de idosas tomando como condição os olhos abertos.
- Determinar e comparar o equilíbrio estático entre os grupos de idosas tomando como condição os olhos fechados.
- Comparar o equilíbrio estático das idosas praticantes de exercício físico na condição de olhos abertos em relação à condição de olhos fechados.
- Comparar o equilíbrio estático das idosas institucionalizadas não praticantes de exercício físico na condição de olhos abertos em relação à condição de olhos fechados.



#### 4.2.2 Hipóteses

As seguintes hipóteses foram testadas:

H<sub>1</sub> - Existe diferença no equilíbrio estático entre os grupos de idosas tomando como condição os olhos abertos.

H<sub>2</sub> - Existe diferença no equilíbrio estático entre os grupos de idosas tomando como condição os olhos fechados.

H<sub>3</sub> - Existe diferença no equilíbrio estático nas idosas praticantes de exercício físico na condição de olhos abertos e fechados.

H<sub>4</sub> - Existe diferença no equilíbrio estático nas idosas institucionalizadas não praticantes de exercício físico na condição de olhos abertos e fechados.

### 4.3 METODOLOGIA

#### 4.3.1 Procedimentos

A amostra do estudo consistiu em 18 idosas ativas, praticantes de exercícios físicos regulares duas vezes por semana com duração aproximada de 90 min contendo atividades de agilidade, equilíbrio, força e sessões de hidroginástica ( $70,88 \pm 4,95$  anos;  $1,57 \pm 0,56$  cm;  $65,88 \pm 11,3$  kg;  $25,57 \pm 4,93$  kg.cm<sup>-2</sup>) participantes Projeto de Extensão da terceira idade da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e 18 idosas residentes em uma instituição de longa permanência situada na cidade de Londrina-PR ( $73,81 \pm 7,93$  anos;  $1,58 \pm 0,64$  cm;  $61,66 \pm 13,34$  kg;  $24,76 \pm 4,27$  kg.cm<sup>-2</sup>). E que atenderam os seguintes critérios de inclusão: ter idade mínima de 60 anos, não necessitar de dispositivos de auxílio para a realização das atividades da vida diária, não apresentar histórico recente de fraturas de membros inferiores, cirurgias articulares ou qualquer outro tipo de problema clínico que provocassem redução do equilíbrio. Foram excluídos portadores de próteses de membros inferiores, os que apresentavam problemas de alterações visuais e/ou vestibulares que poderiam impedir a execução dos

testes ou interferir no equilíbrio, histórico de fratura de membros inferiores ou coluna e entorse de tornozelo nos últimos 12 meses, acidente vascular cerebral (AVC) e outros distúrbios neurológicos, reumatologias, diabéticos insulínico-dependentes, tontura ou dores limitantes nos últimos 3 meses, uso de drogas, álcool e benzodiazepínicos de longa duração, os quais provocam déficits de equilíbrio, que foram diagnosticados através de entrevista. Antes da realização do estudo, os sujeitos consentiram em participar e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (APÊNDICE 1) que foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina (UEL), parecer 94.191, CAAE 02986012.3.0000.5231 (ANEXO 1).

As voluntárias foram divididas em dois grupos conforme a caracterização de idosas residentes em instituição de longa permanência não praticantes de atividade física (NP) e idosas praticantes de exercício físico regular (P). Considerou-se ativa aquela idosa que realiza 30 minutos de atividade física moderada cinco dias por semana ou 20 minutos de exercícios vigorosos três dias por semana, ou a combinação de moderado e vigoroso podendo ser acumulada em sessões maiores ou iguais há 10 minutos (ACSM, 2007). A aplicação da versão curta do questionário (ANEXO 2) do IPAQ (PARDINE et al., 2001) apontou que entre as ativas (P), 65,2% eram muito ativas e 36,8% ativas. As asiladas foram reunidas no grupo NP (não praticantes) e eram todas sedentárias, estabelecido pelo teste do IPAQ.

#### 4.3.2 Avaliação do equilíbrio estático

Os participantes compareceram ao laboratório para uma única sessão experimental e foram testados na condição estática com o auxílio de uma plataforma de forças (*FootWork*, França), que consiste em uma base rígida recoberta por conjunto de sensores capacitivos de pressão (7,62 x 7,62mm). Este equipamento é composto de um conversor A/D de 16 bits que opera com frequência de amostragem de 100hz. A plataforma foi conectada a um microcomputador e os dados foram analisados pelo programa *FootWorkt* (Arquipelago, versão 2.9.9.0). As seguintes variáveis foram determinadas: a

amplitude deslocamento do centro de pressão (CoP) na direção anteroposterior e médio-lateral, a velocidade média do centro de pressão na direção anteroposterior e a área de projeção do centro de pressão.

O teste de equilíbrio estático foi realizado na condição de olhos abertos e posteriormente com olhos fechados, com a base confortável, os membros superiores permaneceram posicionados lateralmente ao longo do corpo e os sujeitos foram instruídos a olhar fixamente para um alvo colocado à altura dos olhos a distância de 1m (FREITAS & DUARTE, 2005). O teste foi realizado durante 30 segundos e repetido três vezes com intervalo de 2 minutos para cada uma das condições. Durante o intervalo, os sujeitos permaneceram sentados em uma cadeira. Para análise dos dados foi considerada a média de três tentativas válidas de cada um dos testes. Para melhorar a reprodutibilidade dos testes, o contorno dos pés descalços foi marcado para que o posicionamento fosse o mais similar possível entre as tentativas e sessões de avaliação.

#### 4.3.3 Tratamento estatístico

Os resultados foram inicialmente analisados para homogeneidade e normalidade através do teste de Shapiro-Wilks. Os dados foram comparados por meio de um número de testes de análise de variância para medidas repetidas onde os grupos foram as variáveis dependentes e as medidas de equilíbrio como variáveis independentes. O teste de Tukey foi aplicado para determinar onde as diferenças ocorreram. A estratégia de Bonferroni foi adotada para reduzir o erro tipo II. Os resultados dos testes foram analisados através do pacote estatístico *Statistica 7.0* e foi adotado o coeficiente de significância de  $p < 0,05$ .

#### 4.4 RESULTADOS

Para o equilíbrio não perturbado na condição de olhos abertos a amplitude do CoP na direção anteroposterior nos praticantes de exercício físico foi 65,2% ( $p < 0,05$ ) daquela encontrada em idosos asilados. Na direção médio lateral, a amplitude do CoP correspondeu a 84,1% ( $p < 0,05$ ) nos praticantes de exercício

físico comparados aos não praticantes. Os idosos asilados apresentaram área do centro de pressão 35,5% ( $p<0,05$ ) maior quando comparados com os praticantes de atividade física. A velocidade média do CoP dos idosos asilados foi 13,2% ( $p<0,05$ ) maior daquela observada nos idosos praticantes de exercício (TABELA 4.1).

Para o equilíbrio não perturbado na condição de olhos fechados, a amplitude do CoP na direção anteroposterior foi 23,6% menor para os idosos praticantes de exercício físico do que nos seus pares asilados ( $p<0,05$ ). Na direção médio lateral, a amplitude do CoP foi similar entre os grupos ( $p>0,05$ ). Os idosos asilados apresentaram maior área do centro de pressão (25,1%;  $p<0,05$ ) quando comparados com os praticantes de atividade física. A velocidade média do CoP dos asilados foi similar (1,08%;  $p>0,05$ ) da observada nos praticantes de exercício. Quando a comparação foi realizada dentro dos grupos, o grupo ativo apresentou maior amplitude do CoP nas direções anteroposterior e médio-lateral na condição de olhos fechados comparados com a condição olhos abertos. No entanto, não houve diferença entre nenhuma das variáveis testadas quando a visão foi suprimida no grupo asilado.

TABELA 4.1 - PARÂMETROS ESTABILOMÉTRICOS (MÉDIA E DESVIO PADRÃO) DE IDOSOS ATIVOS E ASILADOS COM (OLHOS ABERTOS) E SEM (OLHOS FECHADOS) PRESENÇA DE INFORMAÇÃO VISUAL.

	Olhos abertos		Olhos fechados	
	Ativo	Sedentário	Ativo	Sedentário
Amplitude AP (cm)	1,63±0,48*, <sup>▫</sup>	2,50±1,30*	2,10±0,59*, <sup>▫</sup>	2,75±1,16*
Amplitude ML (cm)	1,80±0,80*, <sup>▫</sup>	2,14±1,07*	2,11±1,06 <sup>▫</sup>	2,13±0,94
Velocidade (cm.s <sup>-1</sup> )	1,64±0,79*	1,89±1,00*	1,83±1,02	1,85±0,86
Área (cm <sup>2</sup> )	2,38±1,43*	3,69±2,52*	2,98 ±1,37*	3,78±2,35*

\* diferenças significativas entre ativos e Sedentários.

<sup>▫</sup> diferenças entre olhos abertos e fechados para um mesmo grupo.

## 4.5 DISCUSSÃO

A presente investigação buscou identificar possíveis diferenças entre idosos asilados e ativos sobre o controle postural, especificamente na capacidade de permanecer em equilíbrio durante 30 segundos. O principal achado deste estudo foi um maior comprometimento do sistema de controle postural dos idosos asilados em comparação aos idosos praticantes de exercício físico. Adicionalmente, os idosos asilados não diferiram quando a informação visual foi manipulada.

O controle postural depende da capacidade do sistema nervoso central em organizar as informações provenientes dos sistemas sensoriais, selecionar aquelas que são mais relevantes para a tarefa a ser realizada e redistribuir cada informação de acordo com as variações do ambiente (HORAK et al., 1989; HORAK, 2006). Além disso, é função do sistema de controle postural a partir destas informações sensoriais, determinar a melhor resposta motora considerando a demanda da tarefa (HORAK & MACPHERSON, 1996; SHUMWAY-COOK & WOLLACOTT, 2003; BUGNARIU & FUNG, 2007). Desta forma, a resposta postural depende da sinergia entre os sistemas sensorial e motor (BARELA, 2000).

Em geral os asilos, não oferecem atividades físicas, recreativas ou laborais para os idosos, acentuando o sedentarismo e problemas de saúde, diminuindo a autoestima dos idosos asilados (MOURÃO & SILVA, 2010; FERREIRA & YOSHITOME, 2010). Diante disso, os idosos institucionalizados são mais frágeis (CARVALHÃES, et al., 1998) e com maiores dificuldades de preservar a funcionalidade dos sistemas sensoriais e motores e assim, controlar adequadamente o equilíbrio.

Estudos têm demonstrado que o exercício físico promove efeito positivo no declínio das capacidades motoras durante o processo de envelhecimento (NITZ & CHOY, 2004; WEERDESTeyN et al., 2006). A prática de uma determinada atividade física pode atuar de forma preventiva e também na reabilitação da saúde do idoso, assim, mantendo a sua capacidade de executar

atividades diárias e reduzindo o risco de quedas (SKELTON et al., 1995; LEE et al., 1995; SHEPHARD, 1997; GOBBI, 1997). Dentre os principais componentes afetados nesse processo atribui-se a diminuição da massa muscular e da força muscular como sendo uma das causas da degeneração da mobilidade e da capacidade funcional do idoso (SPIRDUSO, 2005). A participação em programas de atividades físicas tem demonstrado resultados positivos sobre a capacidade de produção de força muscular e equilíbrio (PAVOL et al., 2002; AAGAARD, 2007; MARSH et al., 2009; PERSCH et al., 2009; BENTO et al., 2012). Tais achados se confirmam no presente estudo pelos maiores déficits no controle postural dos idosos institucionalizados em comparação aos idosos fisicamente ativos, portanto, as hipóteses  $H_1$  e  $H_2$ , que afirmavam existir diferença no equilíbrio postural entre os grupos de idosos tomando como condição os olhos abertos e fechados, foram confirmadas.

Os sujeitos ativos apresentaram aumento da amplitude do CoP com olhos fechados, estes resultados foram anteriormente apresentados por Laughton et al. (2003). Em geral, os aumentos encontrados após a remoção da informação visual apontam para elevada dependência desse tipo primário de informação. Quando a informação visual é removida, a informação proprioceptiva não é suficiente para permitir que o controle postural obtenha o mesmo comportamento, o que resulta em maior oscilação sobre a postura ereta, então existe diferença no equilíbrio postural nas idosas praticantes de exercício físico na condição olhos abertos e fechados, logo aceita-se a hipótese  $H_3$ . Mesmo com reduzida informação visual, os idosos ativos demonstraram melhor controle postural que os idosos asilados. Pode-se especular que a atividade física tenha propiciado certa manutenção sobre o sistema neuromuscular dos idosos ativos. Por outro lado, o elevado comprometimento do sistema neuromuscular dos idosos asilados não permite mais distinguir discretas mudanças provenientes de informações sensoriais, com isso a hipótese  $H_4$  foi rejeitada, que afirma existir diferença no equilíbrio postural nas idosas asiladas não praticantes de exercício físico na condição de olhos abertos e fechados.

Inúmeras alterações fisiológicas relacionadas à idade podem afetar o desempenho visual e elevar o risco de quedas. O déficit na acuidade visual, restrição do campo visual, aumento da suscetibilidade à luz, percepção de profundidade deficiente ou instabilidade na fixação do olhar constituem-se em fatores relacionados à perda de equilíbrio, uma vez que a visão constitui o órgão sensorial que fornece importantes informações aferentes para o mecanismo de controle postural.

Assim, o sistema nervoso coordena a informação a partir dos vários sistemas sensoriais (integração sensório-motora) mudando discretamente a fonte principal de informação sensorial para produzir comandos motores de forma diferente para controlar a postura (MCCOLLUM et al., 1996).

Os resultados encontrados no presente estudo confirmam a importância de promover medidas de incentivo à prática regular e contínua de exercícios físicos na população idosa como forma de manutenção do equilíbrio e, conseqüentemente, redução de quedas, estando de acordo com Padoin et al., (2010) e Bento (2012). Além disso, outros benefícios associados à prática de exercícios físicos tais como, contato social, melhora do humor, diminuição da depressão e melhora o bem estar físico e psicológico também precisam ser considerados (PADOIN et al., 2010; MOURÃO & SILVA, 2010).

#### **4.6 CONSIDERAÇÕES**

O presente estudo permitiu verificar que os idosos asilados apresentaram deslocamentos maiores e mais rápidos do centro de pressão na direção anteroposterior e médio lateral do que os idosos ativos.

A maior velocidade de deslocamento permite inferir que o sistema de controle postural atua mais tardiamente para controlar a excursão do centro de massa, o que pode provocar deslocamentos mais pronunciados e maiores dificuldades de reposicionar o centro de pressão. A maior amplitude de oscilação nos idosos asilados pode ser indicativo de menor controle postural. A maior

amplitude de oscilação nos idosos asilados pode ser indicativo de menor controle postural e isto pode estar associado à dependência do sistema visual e às fontes proprioceptivas.

Estudos futuros que utilizem testes de equilíbrio dinâmico, ou com perturbação, que exijam respostas motoras mais rápidas poderão contribuir para verificar as estratégias utilizadas por idosos ativos e asilados na manutenção ou recuperação do equilíbrio.



## **5. DETERMINAÇÃO DA REPRODUTIBILIDADE DE UM MÉTODO DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO.**

### **5.1 INTRODUÇÃO**

O envelhecimento é processo natural, inerente a todos os seres vivos que se expressa pela perda da capacidade de adaptação e pela diminuição da funcionalidade. Tais processos podem levar a reduções da capacidade de desenvolver atividades cotidianas, além de estarem associadas com a prevalência de quedas (SPIRDUSO, 1995). Assim, estratégias que visem minimizar os efeitos deletérios do envelhecimento a fim de preservar a funcionalidade na terceira idade são relevantes. O desenvolvimento de competências que tornem os idosos capazes de realizar um conjunto de tarefas básicas diárias é necessário (ANDREWS, 2001). A execução de atividades como, vestir-se, ir às compras demanda níveis adequados de capacidades físicas tais como, equilíbrio, força, coordenação e flexibilidade (ADAMS et al., 1999; BRILL, 2000) que podem ser influenciadas pela prática regular de atividades físicas. Portanto, o equilíbrio é de fundamental importância para a realização de tarefas relacionadas com a vida diária, tanto em atividades que requeiram o equilíbrio estático quanto o dinâmico (DUARTE & ZATSIORSKY, 2002).

Testes de equilíbrio estático são capazes de discriminar os idosos que sofrem quedas recorrentes daqueles sem histórico de quedas (MELZER, 2004), ou entre idosos e jovens (BOUISSET & DO, 2008; HUANG & BROWN, 2013), entretanto, não parecem replicar integralmente as condições dinâmicas em que o sistema de controle postural precisa responder rapidamente a distúrbios encontrados no meio ambiente a fim de evitar quedas (MELZER et al., 2004).

Alguns estudos analisaram o controle postural com perturbações do equilíbrio em laboratório através de testes que envolveram movimento da superfície de suporte, execução de passo a frente o mais rápido possível e outras (NAKAMURA et al., 2001; MARIGOLD & PATLA, 2002; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; MELZER et al., 2004; PIJNAPPLES et al., 2007; MADEMLI

et al., 2008; PAJALA, et al., 2008; MELZER et al., 2010; FREITAS et al., 2010). Apesar de envolverem componentes dinâmicos do controle postural, a realização desses testes torna-se complexa por requerer condições laboratoriais que demandam protocolos elaborados e custosos. Dessa forma, protocolos simplificados que avaliam a capacidade de recuperar o equilíbrio após perturbação são atrativos.

A perturbação controlada pode ser produzida por súbita movimentação da superfície de suporte por meio de um carrinho móvel, tracionado por um sistema de roldanas que gera um distúrbio postural mediante a liberação de carga. Esse teste assemelha-se aos procedimentos aplicados em outros estudos (WOOLLACOTT, 2000; MELZER et al., 2004), entretanto não são conhecidos estudos que tenham determinado a reprodutibilidade desses testes. Existe importante preocupação com testes que envolvam distúrbios em função de estratégias antecipatórias que possam ser adotadas ao repetir medidas numa mesma sessão experimental. O uso de tais estratégias antecipatórias pode influenciar os resultados e constituir relevante fonte de erro. Logo, a determinação da reprodutibilidade das medidas de testes de distúrbio controlado é relevante.

O presente estudo visou determinar a reprodutibilidade do teste da capacidade de recuperação do equilíbrio decorrente de perturbação inesperada através da análise de concordância de Bland-Altman (BLAND & ALTMAN, 1986).

## **5.2 OBJETIVOS**

O objetivo deste estudo foi determinar a reprodutibilidade dos parâmetros estabilométricos na recuperação do equilíbrio decorrente de um teste de perturbação.

### **5.2.1 Objetivos específicos**

Para atingir o objetivo deste estudo os seguintes objetivos específicos foram determinados.

- Determinar a reprodutibilidade do deslocamento anteroposterior do centro de pressão dos idosos na realização do teste de equilíbrio postural aplicado de forma repetida numa mesma sessão experimental.
- Determinar a reprodutibilidade da velocidade média do centro de pressão, na direção anteroposterior, dos idosos na realização do teste de equilíbrio postural aplicado de forma repetida numa mesma sessão experimental.

### 5.2.2 Hipóteses

- $H_5$  – Não existe diferença no deslocamento anteroposterior do centro de pressão dos idosos na realização do teste de equilíbrio postural aplicado de forma repetida numa mesma sessão experimental.
- $H_6$  - Não existe diferença na velocidade média do centro de pressão dos idosos na realização do teste de equilíbrio postural aplicado de forma repetida numa mesma sessão experimental.

## 5.3 METODOLOGIA

### 5.3.1 Procedimentos

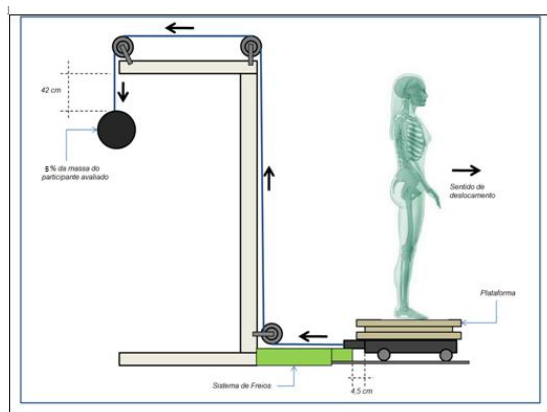
A amostra foi composta por 20 idosos ( $70,3 \pm 3,2$  anos;  $64,5 \pm 9,3$  kg) que foram selecionados do Projeto de Extensão da terceira idade da Universidade Estadual de Londrina. Os critérios de inclusão e exclusão estão descritos no CAPÍTULO 4 (item 4.3.1), bem como o termo de consentimento e aprovação pelo Comitê de Ética.

### 5.3.2 Avaliação do equilíbrio dinâmico

Os participantes compareceram ao laboratório para uma única sessão experimental. Os indivíduos foram testados na condição dinâmica com o auxílio de uma plataforma de forças (descrita no CAPÍTULO 4, item 4.3.2). O distúrbio foi

aplicado na plataforma de força onde os participantes foram posicionados com os pés paralelos e levemente afastados numa postura confortável.

Para produção do distúrbio a plataforma foi montada sobre um carrinho móvel dotado de um sistema de quatro rodas que deslizavam por um trilho de metal, permitindo movimentos translacionais. O sistema permitiu aplicar um distúrbio de forma imprevisível possibilitando avaliar a reação postural dos sujeitos. O movimento da plataforma ocorreu através da tração exercida devido ao peso de anilhas ancoradas ao sistema, correspondendo a aproximadamente 5% do valor da massa de cada participante, como demonstra a FIGURA 5.1. Os participantes foram instruídos a permanecer estáveis por aproximadamente 20s e a perturbação ocorreu de forma inesperada entre o 10<sup>o</sup> e o 15<sup>o</sup>s a partir do início da coleta dos dados. Os participantes não tiveram informações prévias sobre o teste e não foram informados sobre o instante do início da coleta de dados. Tal procedimento visou evitar a realização de estratégias antecipatórias. Os participantes realizaram o teste duas vezes seguindo o mesmo protocolo e para melhorar a reprodutibilidade dos testes, o contorno dos pés descalços foi marcado para que o posicionamento fosse o mais similar possível entre as tentativas e sessões de avaliação. Como dispositivo de segurança foram posicionados nos lados da plataforma dois indivíduos para segurar o idoso em caso de desequilíbrio. As seguintes variáveis foram determinadas: amplitude do centro de pressão na direção anteroposterior e velocidade média do centro de pressão na direção anteroposterior.



**FIGURA 5.1 – SISTEMA TESTE DE RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO (VISTA LATERAL).**

Fonte: Samia Moreira Akel. Ajustes posturais a um distúrbio controlado em idosos com e sem histórico de quedas. Dissertação de Mestrado, UFPR, 2012.

### 5.3.3 Tratamento estatístico

Os resultados foram inicialmente analisados para normalidade através dos testes de Shapiro-Wilk. Os dados foram comparados por meio de um número de testes t para medidas repetidas onde os grupos foram as variáveis dependentes e as medidas de restabelecimento de equilíbrio/desequilíbrio como variáveis independentes. A estratégia de Bonferroni foi adotada para reduzir o erro tipo I. Os testes foram realizados através do pacote estatístico *Statistica 7.0* e tiveram o coeficiente de significância de  $p < 0,05$ . A reprodutibilidade das medidas foi testada por meio de uma rotina MATLAB para análise de concordância de Bland-Altman.

## 5.4 RESULTADOS

A amplitude do CoP na direção anteroposterior foi de  $4,40 \pm 1,59$  cm para a primeira medida e de  $4,22 \pm 1,56$  cm; para a segunda medida, as quais não diferiram entre si ( $p > 0,05$ ). Para a velocidade média do CoP a primeira medida foi de  $5,19 \pm 1,61$  cm.s<sup>-1</sup> e na segunda  $4,97 \pm 1,64$  cm.s<sup>-1</sup> ( $p > 0,05$ ). Para o ICC foram encontrados os seguintes resultados: ICC= 0,96 para o deslocamento anteroposterior e ICC= 0,97 para a velocidade média. As FIGURAS 5.2 e 5.3 demonstram os dados referentes à análise de Bland-Altman e correlação da reprodutibilidade.

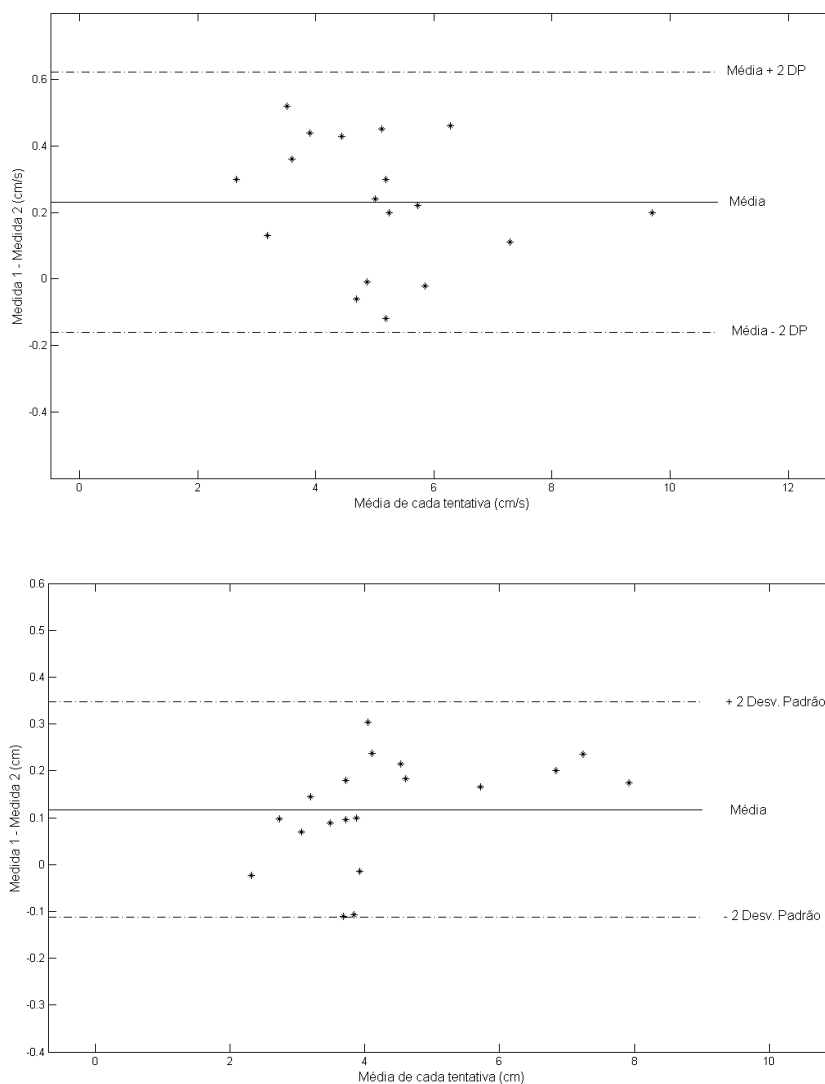


FIGURA 5.2 - ANÁLISE DA REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DE VELOCIDADE MÉDIA (PAINEL SUPERIOR) E DESLOCAMENTO ANTEROPOSTERIOR (PAINEL INFERIOR), ATRAVÉS DA ANÁLISE DOS COEFICIENTES DE BLAND-ALTMAN.

Observa-se na Figura 5.2 que as variáveis selecionadas para descrever a capacidade de recuperação da postura apresentaram uma leve redução durante a segunda medida.

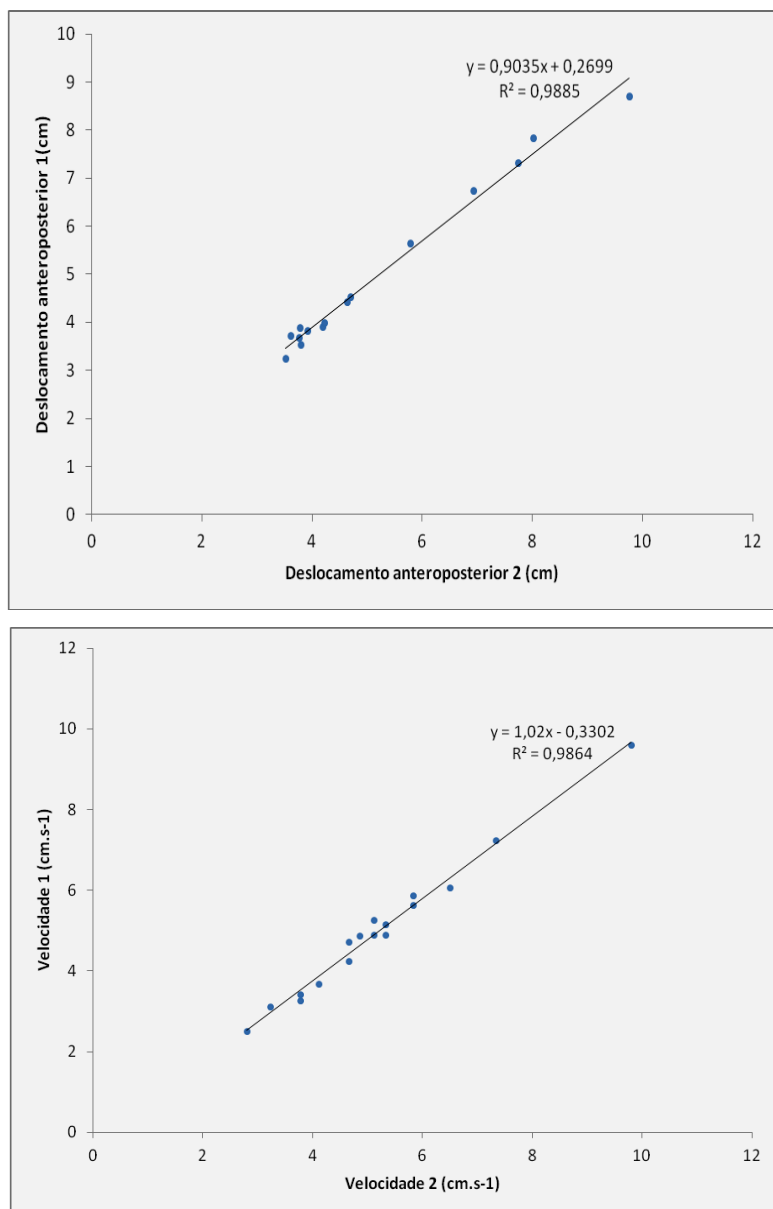


FIGURA 5.3 - CORRELAÇÃO DA REPRODUTIBILIDADE DAS MEDIDAS DO DESLOCAMENTO ANTEROPOSTERIOR (PAINEL SUPERIOR), VELOCIDADE MÉDIA (PAINEL INFERIOR).

## 5.5 DISCUSSÃO

A presente investigação buscou determinar diferenças entre as medidas de oscilação do CoP na direção anteroposterior e velocidade média sobre o controle postural, especificamente na capacidade de recuperar o equilíbrio após um distúrbio. Os resultados não indicaram diferenças na capacidade de

recuperação do equilíbrio entre as medidas, porém observou-se uma tendência de redução na magnitude das variáveis durante o segundo teste. De fato, verificou-se pequenas discrepâncias médias positivas nos testes, onde foram encontradas menores excursões do centro de pressão no segundo teste.

Outro aspecto importante na análise do equilíbrio dinâmico é a necessidade de verificar se os testes de distúrbio conseguem discriminar alterações de equilíbrio entre as diferentes medidas coletadas de cada um dos idosos (MELZER et al., 2004). A análise de Bland-Altman demonstrou que existe concordância entre as duas medidas coletadas (BLAND & ALTMAN, 1986), entretanto, a primeira medida apresentou diferenças muito pequenas em relação à segunda. Contudo, apesar desta diferença foi possível observar que as medidas apresentaram valores homogêneos e representativos.

A diferença entre as médias das variáveis testadas: deslocamento anteroposterior do centro de pressão e velocidade do centro de pressão foi da ordem de 3,05% e 3,93% respectivamente, significando não existir diferenças de reprodutibilidade entre os testes aplicados, portanto, as hipóteses  $H_5$  e  $H_6$  que afirmavam não existir diferença no deslocamento anteroposterior e na velocidade média do centro de pressão dos idosos na realização do teste de equilíbrio postural aplicado de forma repetida numa mesma sessão experimental podem ser aceitas. Provavelmente, a falta de informação acerca do instante de aplicação do distúrbio seja relevante e dificulte a elaboração de uma estratégia antecipatória eficiente para acomodar o deslocamento súbito imposto pelo movimento da base de sustentação SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; MELZER et al., 2004; PIJNAPPLES et al. 2007; MADENLI et al., 2008). Logo, o efeito da novidade pode ser negligenciado desde que os sujeitos não sejam informados sobre o instante de aplicação das cargas e pode representar similaridade com condições reais em que tropeços e escorregões possam ocorrer.

Diante disso, a metodologia empregada na análise do controle postural do presente estudo demonstrou que não existe uma diferença entre as medidas, a



qual pode ser considerada como método seguro, eficiente e específico para ser utilizado em futuras investigações.

## **5.6 CONSIDERAÇÕES**

O teste foi conduzido com sucesso e sem problemas quanto à segurança. Uma das maiores vantagens do método é sua especificidade em relação às condições em que o sistema de controle postural necessita reagir frente a distúrbios. A pequena discrepância encontrada entre medidas repetidas revela que o teste pode ser utilizado sucessivamente sem que possíveis estratégias antecipatórias afetem os parâmetros estabilométricos do controle postural.

## **6. ANÁLISE DO MECANISMO DE RECUPERAÇÃO DO EQUILÍBRIO DINÂMICO EM IDOSOS E ADULTOS JOVENS**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

A ampliação do tempo de vida pode ser vista como consequência de melhorias dos parâmetros de saúde das populações, os quais têm provocado crescimentos acentuados na população idosa. Este fenômeno ocorreu inicialmente em países desenvolvidos e tem sido realidade nos países em desenvolvimento. No Brasil, a população idosa tem crescido acima das estimativas (IBGE, 2011). Uma das consequências mais importantes que acompanham o aumento da idade é a diminuição de um conjunto de capacidades físicas que decorrem de transformações no sistema neuromuscular e metabólico. Essas mudanças são acompanhadas por alterações psicológicas e envolvem sentimento de velhice, depressão e outros (PERRACINI & RAMOS 2002; HILL & SCHWARZ 2004).

As alterações do sistema neuromuscular que acompanham o envelhecimento podem modificar substancialmente a mobilidade e a funcionalidade (SPIRDUSO, 2005) e tornam os idosos mais propensos a acidentes. As quedas estão entre os acidentes mais frequente entre idosos e podem causar lesões, levar à incapacidade e até mesmo à morte. O número de quedas aumenta progressivamente com a idade, independente de gênero ou diferenças étnicas. Segundo Pereira et al. (2001), a incidência de quedas em idosos é de 32% entre 65 e 74 anos, 35% entre 75 e 84 anos e de 51% naqueles acima de 85 anos. No Brasil, aproximadamente 30% dos idosos sofrem uma queda pelo menos uma vez ao ano, sendo que a frequência de quedas em mulheres é maior do que em homens da mesma faixa etária, estas quedas estão associadas à idade avançada, redução da capacidade funcional, condições de saúde ruins e pouca satisfação com a vida (SIQUEIRA et al., 2011). Os fatores de risco intrínsecos (fisiológicos e musculoesqueléticos - redução na força e potência muscular, alterações no padrão da marcha, déficit visual e auditivo, limitação da

amplitude de movimentos e mudanças no equilíbrio) têm sido considerados os mais determinantes para as quedas (PERRACINI & RAMOS, 2002; HILL & SCHWARZ, 2004) e as estratégias para influenciá-los tem recebido grande atenção. De fato, a compreensão dos mecanismos associados às quedas pode prover importantes indicativos para aqueles envolvidos em programas de intervenção.

Idosos não apresentam apenas declínios acentuados em parâmetros neuromusculares (CARVALHO & SOARES, 2004; PRADO et al., 2007), mas também alterações e comprometimento do controle postural. Idosos com histórico de quedas estão associados com maior déficit no controle postural do que seus pares sem histórico de quedas (GONÇALVES et al., 2009). Em geral, o equilíbrio é determinado através de testes estabilométricos, realizados em condição estática sobre uma plataforma de forças. Um conjunto de parâmetros de deslocamento do centro de pressão é empregado para determinar a capacidade dos idosos em manter o equilíbrio em uma postura estática (HAYES, 1982; PAI & IQBAL, 1999).

Tais estudos produziram achados relevantes que possibilitaram caracterizar diferenças importantes entre jovens e idosos. Por exemplo, os ajustes posturais de idosos ocorrem mais lentamente quando comparados aos de jovens (DALEY & SPINKS, 2000) e podem auxiliar no entendimento das maiores taxas de queda entre os mais velhos. Por outro lado, os testes estáticos parecem diferir substancialmente das condições mais desafiadoras do equilíbrio e que são as maiores responsáveis pelas quedas. Em geral, as quedas ocorrem frente a perturbações (ex., distúrbios). De fato, as quedas raramente ocorrem em condição estática, mas em condições dinâmicas, onde tropeços e escorregões desafiam mais marcadamente o controle postural de idosos. Dessa forma, é necessário entender como as perturbações influenciam a capacidade de idosos em recuperar o equilíbrio e evitar acidentes.

A análise da capacidade de idosos em recuperar o equilíbrio após a aplicação de perturbações, os quais são geralmente aplicados na superfície de

apoio, visam reproduzir as condições em que tropeços e escorregões ocorrem (THELEN et al., 1997; MADEMLI et al., 2008). Apesar da proximidade que tais testes guardam com as reais condições em que as perturbações ocorrem, sua experimentação é difícil posto as demandas instrumentais requeridas (ex. plataforma móvel). Assim, outras estratégias para determinar a capacidade de recuperação do equilíbrio são necessárias. A aplicação de uma perturbação inesperada controlada na movimentação da superfície de suporte tende a deslocar o centro de massa anteriormente e necessita rápida resposta do sistema neuromuscular para recuperar o equilíbrio e reconduzir o centro de massa a posição estável. Assim, a fácil aplicação de tal distúrbio parece ser uma forma atrativa de analisar a capacidade de reação dos indivíduos frente a perturbação.

Antes que o teste de perturbação do equilíbrio possa ser aplicado é necessário determinar sua sensibilidade, ou seja, se esse tipo de perturbação é capaz de discriminar adequadamente a capacidade de recuperação do equilíbrio. Uma dificuldade metodológica para que tal propósito seja alcançado está na determinação de grupos que tenham discrepâncias bem definidas da capacidade de recuperação do equilíbrio. Tais diferenças podem ser obtidas através da comparação entre jovens e idosos, visto que as degenerações que acompanham o envelhecimento modificam e reduzem o controle postural estático dos idosos (SKELTON et al., 1995; SPIRDUSSO, 2005) e dinâmico (DALEY & SPINKS, 2000; DU PASQUIER et al., 2003; MANN et al., 2008). Por outro lado, os jovens possuem um sistema neuromuscular íntegro e funcional quando comparados aos idosos e suas respostas tendem a ser mais eficientes no controle postural o que permite melhor recuperação do equilíbrio frente a perturbações.

O estudo parte da premissa que jovens não possuem alterações neuromusculares e um controle postural inalterado que permitirá recuperar o equilíbrio após a aplicação de um distúrbio. Por outro lado, espera-se que as alterações degenerativas associadas ao processo de envelhecimento influenciem o controle postural e que causem maiores dificuldades nos idosos em recuperar o equilíbrio após um distúrbio.

## 6.2. OBJETIVOS

O objetivo deste estudo foi analisar e comparar os parâmetros estabilométricos durante a recuperação do equilíbrio decorrentes de uma perturbação inesperada entre jovens e idosos.

### 6.2.1 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo deste estudo os seguintes objetivos específicos foram determinados.

- Determinar e comparar os parâmetros estabilométricos (oscilação anteroposterior e velocidade média do centro de pressão) no equilíbrio postural dos idosos em relação aos dos jovens.
- Analisar a capacidade do teste em discriminar diferenças no controle postural dos parâmetros estabilométricos entre jovens e idosos.

### 6.2.2 Hipóteses

H<sub>7</sub> – Existe diferença nos parâmetros estabilométricos no equilíbrio postural dos jovens em relação aos dos idosos.

## 6.3 METODOLOGIA

### 6.3.1 Procedimentos

A amostra foi composta por 20 jovens universitários saudáveis ( $22 \pm 2,6$  anos;  $1,74 \pm 0,08$  m;  $62,3 \pm 10,6$  kg;  $20,72 \pm 3,21$  kg.m<sup>-2</sup>), estudantes do curso de Educação Física da Universidade Estadual de Londrina (UEL) e 20 idosos ( $70,3 \pm 3,2$  anos;  $1,58 \pm 0,09$  m;  $64,5 \pm 9,3$  kg;  $25,8 \pm 4,56$  kg.m<sup>-2</sup>) do Projeto de Extensão

da terceira idade da Universidade Estadual de Londrina. Os critérios de inclusão e exclusão estão descritos no CAPÍTULO 4 (item 4.3.1), bem como o termo de consentimento e aprovação pelo Comitê de Ética.

#### 6.3.2 Avaliação do equilíbrio dinâmico

Os equipamentos e procedimentos utilizados para os testes foram apresentados no CAPÍTULO 5 (item 5.3.2). Entretanto, para análise dos dados estabilométricos foi utilizada a primeira tentativa, visto que o teste de perturbação apresentou boa reprodutibilidade através da análise de concordância de Bland-Altman.

#### 6.3.3 Tratamento estatístico

Os resultados foram inicialmente analisados para normalidade através dos testes de Shapiro-Wilks. Os dados foram comparados por meio de um número de testes t para medidas repetidas onde os grupos foram as variáveis dependentes e as medidas de restabelecimento de equilíbrio/desequilíbrio como variáveis independentes. A estratégia de Bonferroni foi adotada para reduzir o erro tipo I. Os testes foram realizados através do pacote estatístico *Statistica 7.0* e tiveram o coeficiente de significância de 0,05 adotado.

### 6.4 RESULTADOS

A amplitude do CoP na direção anteroposterior foi de  $4,40 \pm 1,59$  cm para os idosos, que apresentaram um maior deslocamento do que os jovens ( $3,12 \pm 1,03$  cm;  $p < 0,05$ ). A velocidade média do CoP dos idosos ( $5,19 \pm 1,61$  cm.s<sup>-1</sup>) também diferiu daquela observada nos jovens ( $2,82 \pm 0,18$  cm.s<sup>-1</sup>;  $p < 0,05$ ).

### 6.5 DISCUSSÃO

A presente investigação buscou determinar diferenças entre jovens e idosos sobre o controle postural, especificamente na capacidade de recuperar o

equilíbrio após um distúrbio. Os resultados indicaram marcadas diferenças na capacidade de recuperar o equilíbrio entre jovens e idosos.

Vários estudos têm comparado o equilíbrio dinâmico entre jovens e idosos (BOUISSET & DO, 2008; HUANG & BROWN, 2013) e encontrado diferenças na amplitude de oscilação anteroposterior entre os grupos (CARVALHO & SOARES, 2004; PRADO et al., 2007). De fato, maiores amplitudes de oscilação do centro de pressão têm sido observados em idosos quando comparados a adultos jovens durante testes estáticos.

Os idosos apresentaram deslocamentos maiores e mais rápidos do centro de pressão na direção anteroposterior. Esta maior amplitude de oscilação nos idosos provoca resposta mais lenta na recuperação da instabilidade, aumentando a probabilidade de queda nesta população (DALEY & SPINKS, 2000).

O equilíbrio envolve a capacidade de recuperar-se frente a uma instabilidade e envolve a habilidade de antecipar-se e mover-se de forma a promover um efetivo controle do centro de massa corporal e evitar a queda (MELZER et al., 2004). Para tanto, vários mecanismos aferentes e eferentes possuem papel fundamental no processo de percepção-ação. Assim, o controle do equilíbrio postural consiste em uma reação às forças externas que deslocam o centro de massa ou antecipação às forças internas geradas por movimentos corporais (HORAK et al., 1997).

As alterações que ocorrem com a idade na integração de vários tipos de informação sensorial (visual, vestibular e somatossensorial), no sistema neuromuscular (SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; SPIRDUSO, 2005), podem levar o idoso a apresentar déficit na manutenção do equilíbrio. Alguns estudos têm verificado diminuição na capacidade proprioceptiva de idosos, principalmente nos receptores articulares, fusos musculares e órgãos tendinosos de Golgi (KAPLAN et al., 1985; PETRELLA et al., 1997; HURLEY et al., 1998), que podem influenciar na capacidade de gerar força e potência muscular (RINGSBERG et al., 1999; MALONE et al., 2002).

Observa-se, assim, que o mecanismo do equilíbrio é extremamente complexo e dependente de respostas sensoriais múltiplas (D'ELBOUX et al., 2004) desta forma, déficit em um ou mais sistemas envolvidos pode ser responsável pelo desequilíbrio postural, com consequente redução na capacidade do idoso em controlar a oscilação anteroposterior do corpo e aumento do risco de queda (HORAK & MACPHERSON, 1996).

Uma das primeiras possibilidades dessas reduções está na perda da capacidade muscular de produzir respostas rápidas a fim de permitir a recuperação do centro de massa (PIIRTOLA & ERA, 2006). Assim, o envelhecimento pode ter modificado a forma com que o sistema nervoso central realiza os ajustes necessários para a manutenção do equilíbrio em respostas às perturbações (DUARTE, 2000), que têm por função minimizar os efeitos das perturbações posturais.

Estas diferenças encontradas entre jovens e idosos sugere maior capacidade dos jovens de utilizar os mecanismos relacionados à força e potência muscular na recuperação do movimento (MADEMLI et al., 2008), que reforçam a melhor capacidade dos jovens em reagir a distúrbios e evitar quedas em comparação a idosos, portanto, os resultados permitem aceitar a hipótese  $H_7$ , que afirma existir diferença nas variáveis do equilíbrio postural dos jovens em relação aos idosos.

Outro aspecto importante na análise do equilíbrio dinâmico é a necessidade de verificar como os testes de distúrbio conseguem discriminar alterações de equilíbrio entre adultos jovens e idosos, pois testes analisando o equilíbrio estático têm demonstrado diferenças entre estas populações (SKELTON et al., 1995; DALEY & SPINKS, 2000; DU PASQUIER et al., 2003; SPIRDUSSO, 2005; MANN et al., 2008). Isto também foi verificado nas diferenças encontradas entre jovens e idosos utilizando a metodologia proposta, demonstrando a hipótese  $H_8$ , onde se afirmou que o teste consegue discriminar as diferenças no controle postural de jovens em relação a idosos.



## **6.6 CONSIDERAÇÕES**

O presente estudo permitiu verificar que os idosos apresentaram deslocamentos maiores e mais rápidos do centro de pressão na direção anteroposterior do que os adultos jovens. Esta maior amplitude de oscilação nos idosos provoca resposta mais lenta na recuperação da instabilidade, com isto aumentando a probabilidade de queda nesta população.

A metodologia empregada na análise do controle postural do presente estudo demonstrou que existe diferença entre estas populações, o qual pode ser considerado como um método seguro, eficiente e específico para ser utilizado em futuras investigações.

## **7. ESTABILOMETRIA, HISTÓRICO DE QUEDAS, CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS E *TIMED UP AND GO* (TUG) EM IDOSOS.**

### **7.1 INTRODUÇÃO**

O envelhecimento é processo marcado por alterações anatômicas, fisiológicas, biomecânicas e psicológicas (SPIRDUSO, 2005) que ocorrem em vários sistemas orgânicos e tornam os idosos mais frágeis e propensos a quedas. No Brasil, os dados indicam um aumento do número de acidentes envolvendo quedas com idosos (SIQUEIRA et al., 2011), as quais constituem um grave problema de saúde pública e contribuem para o crescimento da mortalidade e morbidade na terceira idade. O problema não atinge diretamente apenas os idosos, mas também seus familiares e o sistema público de saúde, com grandes custos de tratamento, recuperação e assistência necessários para a recuperação (AIKAWA et al., 2006).

As alterações do sistema neuromuscular que acompanham o envelhecimento podem modificar substancialmente a mobilidade e a funcionalidade (KLEIN et al., 2002; REEVES et al., 2004; CLOSE et al., 2005; BITTAR et al., 2007) e tornar os idosos mais propensos às quedas. O número de quedas aumenta progressivamente com a idade, independente de gênero ou etnias (SIQUEIRA et al., 2011).

Idosos com histórico de quedas são reportados como portadores de maiores déficits no controle postural do que seus pares sem histórico de quedas (GONÇALVES et al., 2009). Em geral, o equilíbrio é determinado através de testes estabilométricos, que são realizados em condição estática sobre plataforma de forças (HAYES, 1982; PATTON et al., 2002). Por outro lado, a capacidade de restabelecer o equilíbrio não parece ser suficientemente desafiada para que diferenças importantes sejam encontradas durante testes estáticos (MELZER et al., 2004). Os testes estáticos parecem guardar pouca especificidade com as demandas dinâmicas envolvidas no controle do sistema postural que são necessários para recuperar o equilíbrio após um distúrbio (ex. tropeço). De fato,

as quedas geralmente ocorrem durante o movimento na realização de alguma tarefa ou na locomoção (MURRAY et al., 1980; NEVITT et al., 1989; RINGSBERG et al., 1999; MOCHIDA et al., 2009). Assim, condições que analisam a recuperação do equilíbrio frente às perturbações do meio ambiente (ex. tropeços) podem retratar mais fielmente as respostas do sistema postural em condições dinâmicas e que se assemelham às condições mais próximas em que as quedas ocorrem.

Para reduzir o número de quedas na terceira idade, é preciso compreender os mecanismos envolvidos nas perturbações, por exemplo, a capacidade do músculo de gerar força o mais rápido possível pode reduzir a excursão do centro de massa no plano sagital minimizando as oscilações corporais e reduzindo o risco de queda (WOLFSON et al., 1995; BOK et al., 2013). A força muscular dos membros inferiores é importante para gerar momentos articulares necessários durante o distúrbio para evitar quedas (PIJNAPPELS et al., 2007; NAGAI et al., 2013). As articulações do tornozelo e quadril são apontadas como as principais responsáveis por restabelecer o equilíbrio durante as perturbações (PLOUTZ-SNYDER et al., 2002; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003). De fato, o momento gerado pela oscilação do centro de massa aumenta a ativação dos plantiflexores para corrigir o deslocamento do centro de pressão para frente (MASANI et al., 2003; LIU & LOCKHART, 2009).

Declínios de força e potência muscular estão associados ao envelhecimento e comprometem a qualidade de vida dos idosos pela diminuição de suas habilidades na realização de tarefas cotidianas (LYNCH et al., 1999; NEWMAN & GOODPASTER, 2009). A potência parece ser mais relevante ao idoso do que força muscular, pois o desenvolvimento de força rápida (taxa de desenvolvimento de força) pode permitir uma recuperação mais rápida do equilíbrio do que a geração de elevados torques musculares (pico de força) (HAZELL et al., 2007; PIJNAPPELS et al., 2008; BENTO et al., 2010).

## 7.2 OBJETIVOS

Determinar a relação entre o teste *Timed up and Go* (TUG), parâmetros da função contrátil muscular (pico de força, taxa de desenvolvimento de força), histórico de quedas com os parâmetros estabilométricos na aplicação de uma perturbação inesperada em idosos.

### 7.2.1 Objetivos específicos

- Determinar a relação entre o histórico de quedas no último ano e os parâmetros estabilométricos deslocamentos do centro de pressão anterior e anteroposterior e as velocidades anterior e anteroposterior.
- Determinar a relação entre o pico de força e a taxa de desenvolvimento de força nos músculos extensores e flexores do quadril, extensores e flexores do joelho e plantiflexores e dorsiflexores do tornozelo com os parâmetros estabilométricos - deslocamentos do centro de pressão anterior e anteroposterior e as velocidades anterior e anteroposterior.
- Determinar a relação entre o teste *Timed up and Go* (TUG) e os parâmetros estabilométricos deslocamentos do centro de pressão anterior e anteroposterior e as velocidades anterior e anteroposterior.

### 7.2.2 Hipóteses

H<sub>8</sub> – Os idosos que sofreram quedas no último ano apresentaram maiores oscilações dos parâmetros estabilométricos quando comparados aos idosos sem histórico de quedas.

H<sub>9</sub> - parâmetros da função contrátil muscular (pico de força e a taxa de desenvolvimento de força) relacionam-se positivamente com os parâmetros estabilométricos.

H<sub>10</sub> - O desempenho no teste *Timed up and Go* (TUG) relaciona-se positivamente com os parâmetros estabilométricos.

### 7.3 METODOLOGIA

#### 7.3.1 Procedimentos

A amostra foi composta por idosos selecionados do projeto de extensão da terceira idade da Universidade Estadual de Londrina (UEL). Os critérios de inclusão e exclusão estão descritos no CAPÍTULO 4 (item 4.3.1), bem como o termo de consentimento e aprovação pelo Comitê de Ética.

Foram analisados 60 indivíduos, sendo que 43 idosos ( $71,6 \pm 4,8$  anos;  $1,58 \pm 0,08$  m;  $67,26 \pm 10,82$  Kg;  $27 \pm 4,41$  kg.m<sup>-2</sup>) atenderam os critérios de inclusão e exclusão do estudo. Eles foram divididos em dois grupos, com histórico de quedas (CQ=32,6%) e sem histórico de quedas (SQ=67,4%). A aplicação da versão curta do questionário (ANEXO 2) do IPAQ (PARDINE et al., 2001) apontou que 30,5% (SQ=27%; CQ=3,5%) eram muito ativas, 37,1% (SQ=28,4; CQ=9,7%) ativas, 27,7% (SQ=12,2%; CQ=15,5%) insuficientemente ativas e 4,7% (CQ=4,7%) sedentárias.

Os procedimentos de coleta de dados foram realizados em duas sessões. Inicialmente, os participantes passaram por uma entrevista que identificou os critérios de inclusão/exclusão, logo após responderam a um questionário sobre quedas (AGS, 2001; HILL & SCHWARZ, 2004) nos últimos 12 meses (ANEXO 3) e seus dados antropométricos de peso e estatura foram tomados. Quedas foram definidas como desequilíbrio, mesmo que esta não tenha levado o indivíduo ao solo (HILL & SCHWARZ, 2004). Em seguida, realizaram-se os testes de equilíbrio dinâmico e o *Timed up and Go* (TUG). Na segunda sessão foi realizado o teste de força de membros inferiores

### 7.3.2. Avaliação do *Timed up and Go* (TUG)

O teste *Timed up and go* (TUG) tem sido utilizado como indicador de controle postural, risco de queda e força dos membros inferiores e tem como objetivo avaliar a agilidade e o equilíbrio dinâmico (WHITNEY et al., 2005).

Uma cadeira foi colocada contra a parede e voltada diretamente para um cone colocado à distância de 3 metros. O idoso era instruído a sentar na parte central do assento da cadeira com as costas eretas, os pés sobre o chão e as mãos sobre as coxas. Ao comando de iniciar o indivíduo levanta da cadeira, caminha o mais rápido possível até o cone, contorna e volta para a cadeira, sentando-se novamente. O escore do teste é dado pelo tempo de execução deste (PODSIADLO & RICHARDSON, 1991).

### 7.3.3. Avaliação do equilíbrio dinâmico

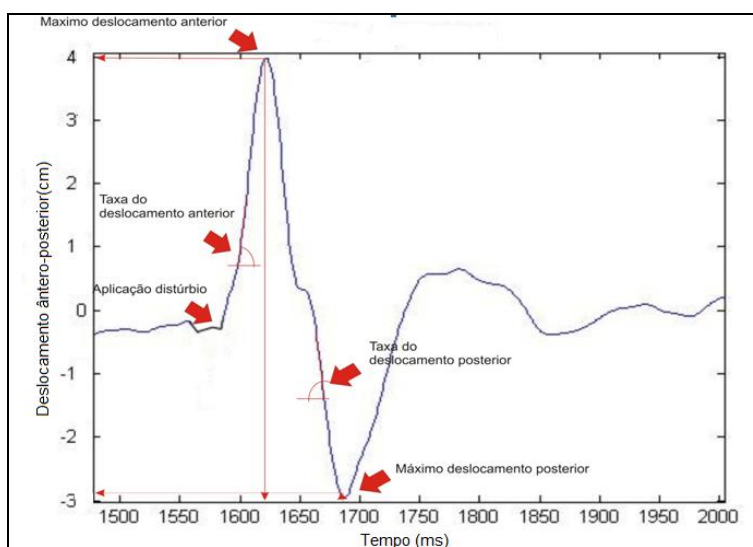
Os equipamentos e procedimentos utilizados para os testes foram apresentados no CAPÍTULO 5 (item 5.3.2).

As variáveis do estudo são descritas abaixo e esquematicamente representadas na FIGURA 7.1:

- Máximo deslocamento anterior do centro de pressão (cm), que representa o deslocamento máximo do centro de pressão no plano sagital para frente(anterior).
- Tempo para a contenção do distúrbio (s), que é o tempo requerido para que o distúrbio de perturbação seja contido, ou seja, tempo necessário para que a velocidade do deslocamento anterior do centro de pressão seja nula a partir do início do distúrbio.
- Máximo deslocamento posterior do centro de pressão (cm), que representa o deslocamento máximo do centro de pressão no plano sagital para trás (anteroposterior).

- Tempo para o deslocamento anteroposterior do distúrbio (s), que é o tempo requerido para interromper o deslocamento posterior do centro de pressão, ou seja, o tempo necessário para que a velocidade de deslocamento posterior seja nula a partir do instante em que o centro de pressão é projetado posteriormente.

A fase final do retorno não foi analisada pois a curva não apresenta um padrão definido, esta fase é determinada a partir do máximo deslocamento posterior.



Nota: A partir da esquerda para a direita, a primeira seta que aparece na figura representa a aplicação dos distúrbio, a segunda a taxa de inclinação do deslocamento anterior, a terceira o deslocamento máximo anterior, depois taxa de deslocamento posterior e deslocamento anteroposterior máximo.

FIGURA 7.1- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA CURVA FORÇA-TEMPO CONTENDO AS VARIÁVEIS ANALISADAS NO ESTUDO.

#### 7.3.4 Avaliação da força muscular

A força muscular foi mensurada isometricamente através de contração máxima do segmento dominante. Inicialmente, os participantes foram familiarizados com os procedimentos do teste, sendo permitidas algumas tentativas para a articulação analisada. Os participantes receberam instrução de realizar as contrações isométricas da forma mais rápida e vigorosa possível. Essa instrução foi reforçada a cada teste. Os valores da força foram coletados por meio de uma célula de carga (Kratos, modelo IK-1C, Brasil), com capacidade de 500

Kgf e resolução de 0.1 kg fixa a um conjunto de cabos ligados ao segmento avaliado por meio de uma tira de velcro. Os valores da força foram transmitidos para uma placa conversora A/D (*National Instruments*, modelo NI USB 6218), coletados com uma frequência de 1khz através de um software específico (*Labview*, *Signal Express* 3.0).

Os participantes realizaram os testes para os músculos flexores (HF) e extensores (HE) do quadril, flexores (KF) e extensores (KE) do joelho e flexores plantares (PF) e dorsiflexores (DF) do tornozelo (FIGURA 7.2). Em todas as posições testadas os sujeitos foram posicionados de forma a manter um ângulo de 90° entre o segmento corporal e o cabo de força da célula de carga. Dessa forma, o produto da força (determinado pela célula de carga) pela distância do ponto médio da tira de velcro ao centro articular (mensurado a cada teste) permitiu a determinação do pico da força muscular. Para efeitos de análise, apenas a tentativa de maior desempenho (maior pico de força) foi considerada dentre três tentativas intervaladas de 3 minutos entre si, considerando uma variação máxima entre as medidas de 10%. As tentativas em que os sujeitos realizaram contramovimento foram repetidas. O pico de torque (N.m) foi definido como o valor máximo encontrado na curva torque-tempo.

A taxa de desenvolvimento de força ( $\text{N.m.s}^{-1}$ ) foi determinada pelo coeficiente de inclinação do segmento de reta que corresponde a 60% da curva torque-tempo. Para essa finalidade foram descartados os primeiros e os últimos 20% da curva força-tempo a fim de evitar a influência da deformação dos tecidos que pode ocorrer no início do movimento e possíveis artefatos que podem ocorrer próximo ao instante do pico de torque devido a oscilações do aparato e vibrações do cabo. A taxa de desenvolvimento de força foi derivada da tentativa de maior pico de torque (BENTO et al., 2010).



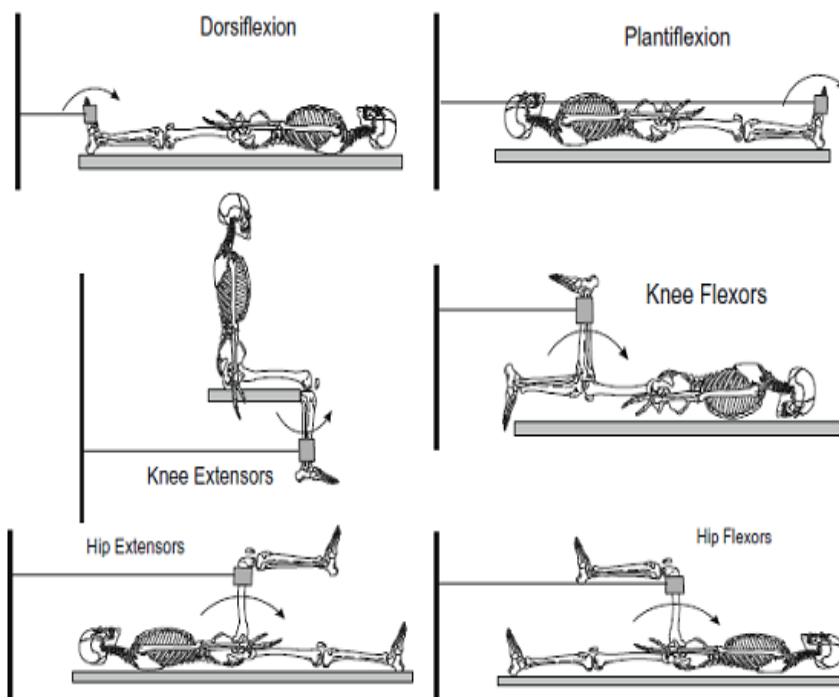


FIGURA 7.2 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS POSIÇÕES CORPORAIS E SEGMENTARES ASSUMIDAS DURANTE O TESTE DE PICO E TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA ISOMÉTRICO.

Fonte: Bento P C B, Pereira G, Ugrinowitsch C, Rodacki A. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history Clinical Biomechanics 25, 450–454, 2010.

### 7.3.5 Tratamento estatístico

Inicialmente as variáveis foram analisadas para homogeneidade e normalidade através dos testes de Shapiro-Wilks. As variáveis que não apresentaram distribuição normal foram transformadas e novamente inseridas no teste de distribuição. O teste t independente foi utilizado na análise das variáveis comparando o grupo com e sem queda no último ano. A correlação de Pearson foi empregada para verificar a relação sem causa-efeito entre as variáveis. A regressão múltipla com método de entrada dos dados *backward* foi empregada para verificar de maneira exploratória as variáveis predictoras para o deslocamento e velocidade anterior e posterior. Dessa forma foram apresentados apenas os preditores significativos. Foi efetuada uma regressão logística binária, para investigar o risco de queda considerando possíveis preditores e mediadores. Para tanto foram inseridos no modelo as variáveis contínuas de modo que fossem eliminadas aquelas que não apresentavam valor Beta significativo ou não

possuíam papel de mediadoras da associação de outros previsores (método *backward*). A estratégia de Bonferroni foi adotada para reduzir o erro tipo I e II. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . A análise foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SPSS 15.0.

#### 7.4. RESULTADOS

Os resultados encontrados no TUG, características contráteis, histórico de quedas e dos parâmetros estabilométricos estão apresentados a seguir.

A frequência de quedas no último ano foi de 32,6%, sendo que 57,1% sofreram apenas uma queda, 28,6% duas quedas e 14,3% três ou mais quedas (FIGURA 7.3).

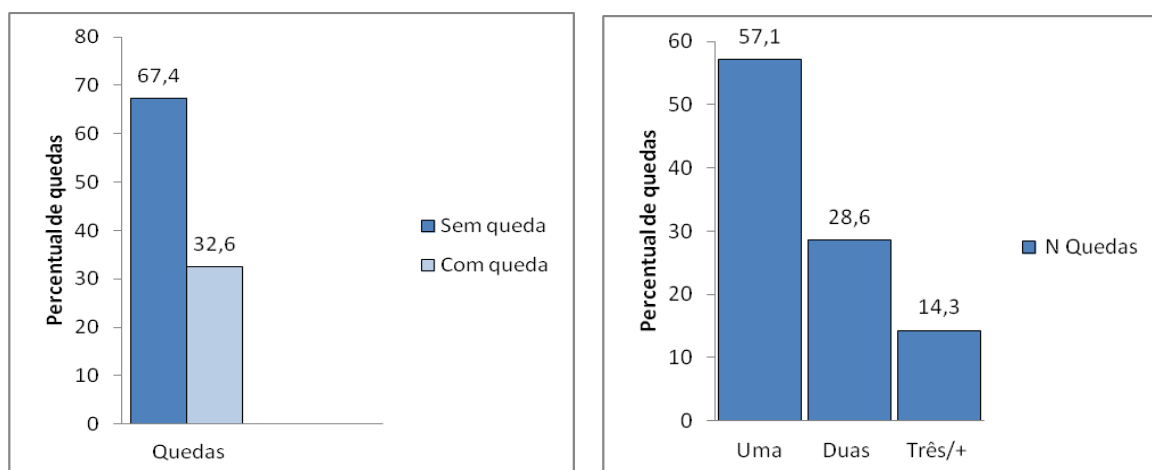


FIGURA 7.3 - PERCENTUAL DE IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS (ESQUERDA) E PERCENTUAL DO NÚMERO DE QUEDAS ENTRE IDOSOS COM HISTÓRICO DE QUEDAS (DIREITA).

Não foram encontradas diferenças entre os idosos do grupo com (CQ) e sem (SQ) histórico de quedas quanto a idade ( $p > 0,05$ ;  $71,5 \pm 5,0$  vs  $71,0 \pm 6,7$  anos), estatura ( $p > 0,05$ ;  $1,58 \pm 0,09$  m vs  $1,58 \pm 0,07$  m), massa corporal ( $p > 0,05$ ;  $66,14 \pm 11,66$  kg vs  $67,79 \pm 10,57$  kg) e IMC ( $p > 0,05$ ;  $27,17 \pm 4,29$  kg.m<sup>-2</sup> vs  $26,61 \pm 4,79$  kg.m<sup>-2</sup>).

No teste *Timed up and Go* (TUG) o tempo foi de  $8,10 \pm 4,95$  s (SQ= $7,94 \pm 0,94$  s; CQ= $8,42 \pm 0,92$  N;  $p > 0,05$ ).

O deslocamento anterior observado no teste estabilométrico foi de  $2,33 \pm 0,94$  cm (SQ= $2,31 \pm 0,88$  cm; CQ= $2,35 \pm 0,98$  cm;  $p>0,05$ ), enquanto o deslocamento posterior (reposicionamento) foi de  $4,97 \pm 1,34$  cm (SQ= $4,74 \pm 1,33$  cm; CQ= $5,45 \pm 1,26$  cm;  $p>0,05$ ). A velocidade anterior e posterior foi de  $3,74 \pm 1,30$  cm.s<sup>-1</sup> (SQ= $3,94 \pm 1,39$  cm.s<sup>-1</sup>; CQ= $3,33 \pm 0,99$  cm.s<sup>-1</sup>;  $p>0,05$ ) e  $4,36 \pm 0,79$  cm.s<sup>-1</sup> (SQ= $4,32 \pm 0,76$  cm.s<sup>-1</sup>; CQ= $4,44 \pm 0,89$  cm.s<sup>-1</sup>;  $p>0,05$ ), respectivamente.

A força máxima (Fmax) e taxa de desenvolvimento de força (TDF) durante a extensão do quadril nos idosos com histórico de quedas correspondeu a 90,1% e 71,4% dos idosos sem histórico de quedas, respectivamente. Nos flexores do quadril representaram 84,5% para a força máxima e 72,1% na taxa de desenvolvimento de força. Os extensores do joelho (89,7% Fmax e 96,5% TDF), flexores do joelho (91,2% Fmax e 88,3% TDF), plantiflexores (92,7% na Fmáx e 80,3% na TDF) e para os dorsiflexores (85,6% de Fmax e 72,3% de TDF), TABELA 7.1 e FIGURA 7.4.

TABELA 7.1 - APRESENTA A MÉDIA E DESVIO PADRÃO PARA AS CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS NOS IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS.

	QUEDAS			
	NÃO		SIM	
	Média	DP	Média	DP
<b>EQ Fmax</b>	87,26	25,68	75,59	18,77
<b>EQ TDF<sup>†</sup></b>	<b>1,38</b>	<b>0,19</b>	<b>1,25*</b>	<b>0,15</b>
<b>FQ Fmax<sup>†</sup></b>	1,72	0,19	1,64	0,21
<b>FQ TDF</b>	23,41	10,65	16,87	8,54
<b>EJ Fmax</b>	102,83	37,49	92,24	41,79
<b>EJ TDF<sup>†</sup></b>	1,43	0,21	1,39	0,25
<b>FJ Fmax</b>	26,32	8,94	24,00	9,13
<b>FJ TDF</b>	11,02	4,46	9,72	3,90
<b>FP Fmax<sup>†</sup></b>	1,70	0,19	1,65	0,24
<b>FP TDF<sup>†</sup></b>	<b>4,38</b>	<b>1,19</b>	<b>3,73*</b>	<b>1,09</b>
<b>DF Fmax<sup>†</sup></b>	6,26	1,30	5,77	1,31
<b>DF TDF</b>	14,47	7,18	10,46	6,25

\* $p<0,05$  teste t independente; <sup>†</sup> Variáveis transformação logarítmica

TDF (N.m.s<sup>-1</sup>); Fmax (N).

TDF (Taxa de Desenvolvimento de Força), Fmax (Pico de força máxima), EQ (extensores do quadril), FQ (flexores do quadril), EJ (extensores do joelho), FJ (flexores do joelho), PF (plantiflexores do tornozelo), DF (dorsiflexores do tornozelo).

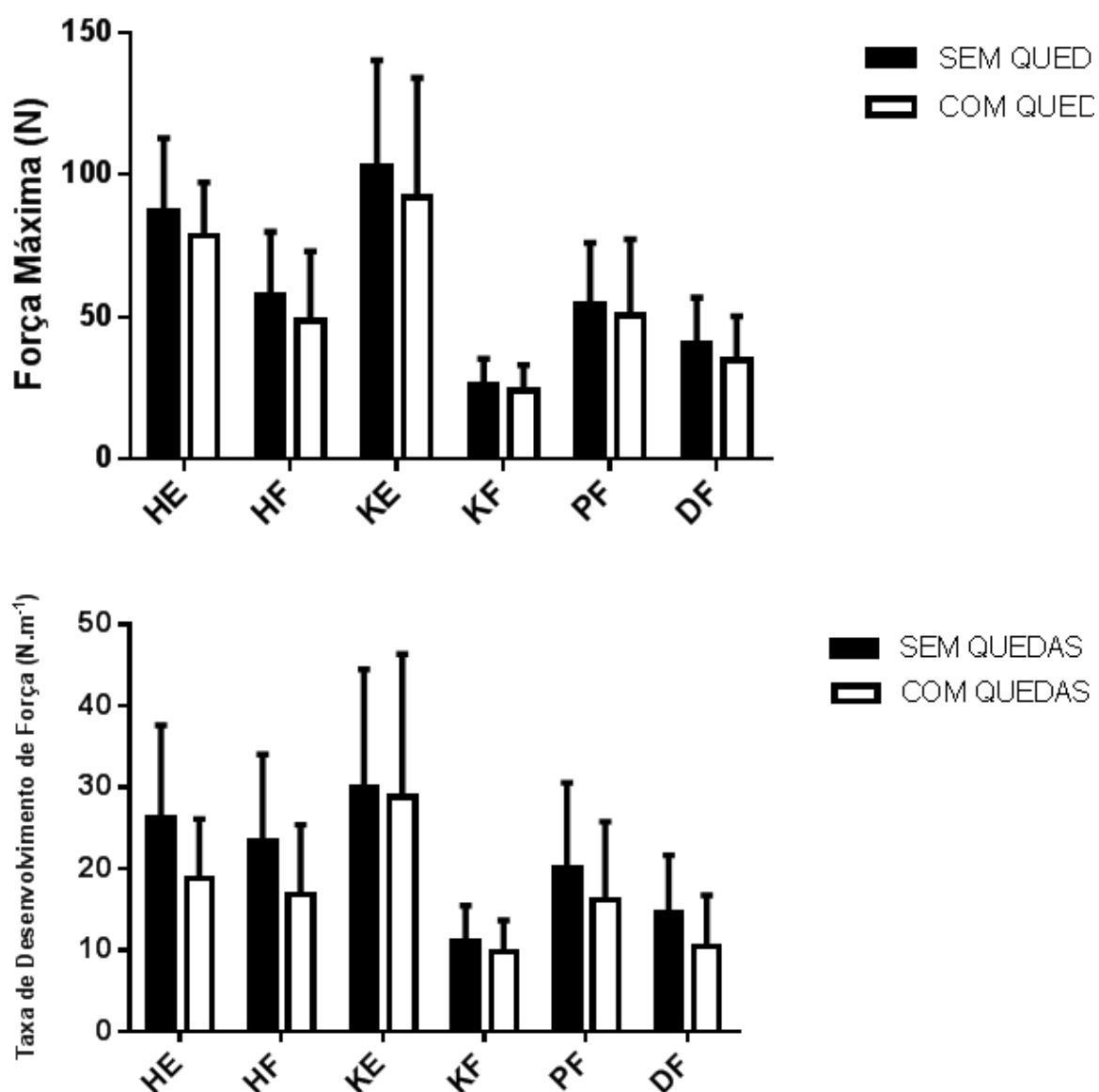


FIGURA 7.4 - CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS (FORÇA MUSCULAR E TAXA DE DESENVOLVIMENTO DE FORÇA) PARA IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS.

Músculos flexores (HF) e extensores (HE) do quadril, flexores (KF) e extensores (KE) do joelho e flexores plantares (PF) e dorsiflexores (DF) do tornozelo.

Os dados que representam a dispersão das características contráteis (Fmax e TDF) e testes estabilométricos (deslocamento anterior e posterior do CoP) para as articulações do tornozelo (plantiflexores) e quadril (extensores) dos idosos com e sem histórico de quedas, são mostrados nas FIGURAS 7.5 e 7.6. Observa-se que os dois grupos apresentaram o mesmo comportamento, os

idosos que obtiveram maiores taxa de desenvolvimento de força e força muscular tiveram menores oscilações do CoP na direção anterior e posterior. Entretanto, as maiores taxas de desenvolvimento de força e força muscular foram encontradas nos idosos sem histórico de quedas.

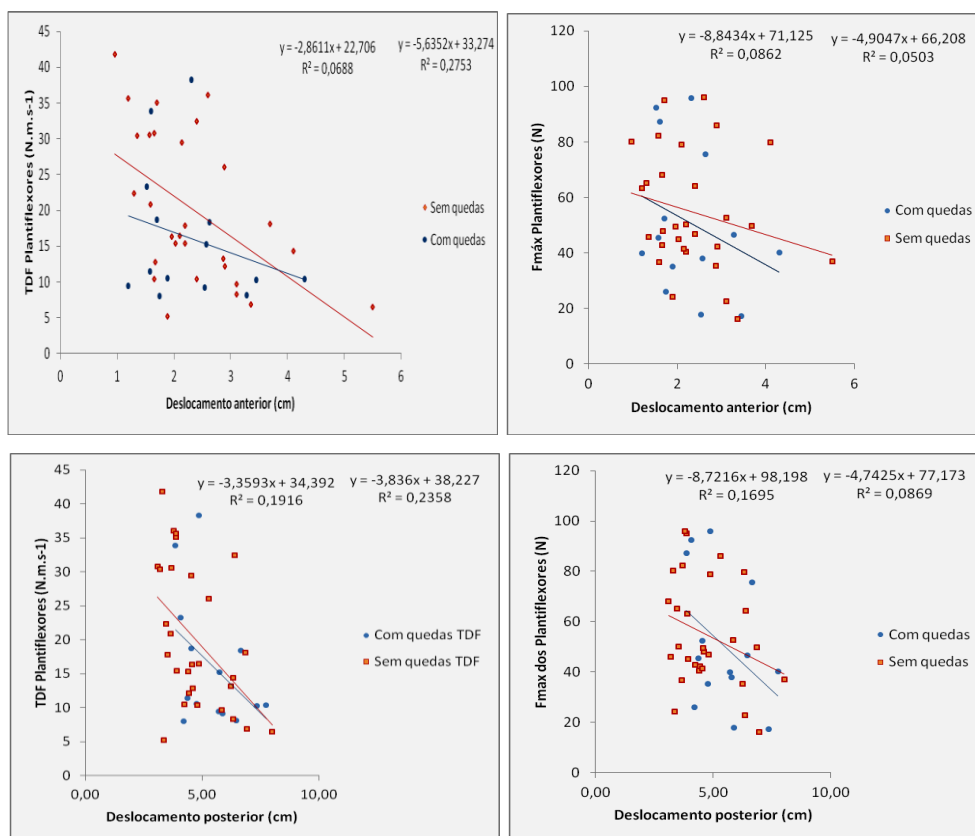


FIGURA 7.5 - DISPERSÃO PARA AS CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS E TESTES ESTABILOMÉTRICOS NA ARTICULAÇÃO DO TORNOZELO (PLANTIFLEXORES) EM IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS. FIGURA SUPERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), SUPERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), INFERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO POSTERIOR) E INFERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO POSTERIOR).

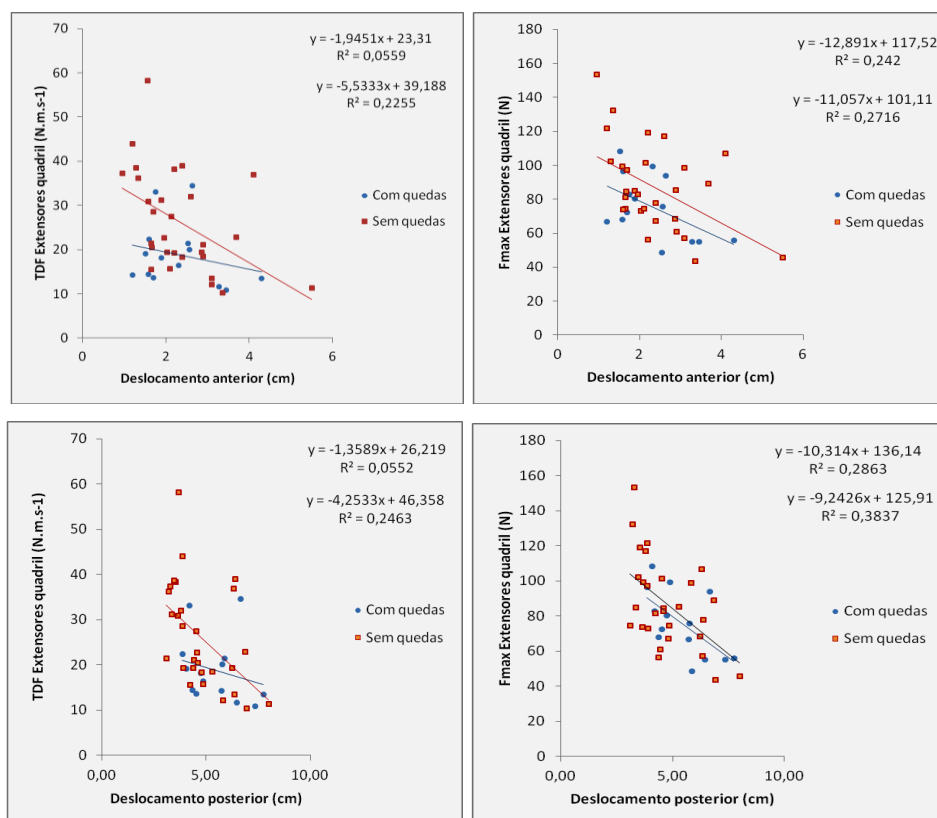


FIGURA 7.6 - DISPERSÃO PARA AS CARACTERÍSTICA CONTRÁTEIS E TESTES ESTABILOMÉTRICOS NA ARTICULAÇÃO DO QUADRIL (EXTENSORES) EM IDOSOS COM E SEM HISTÓRICO DE QUEDAS. FIGURA SUPERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), SUPERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO ANTERIOR), INFERIOR ESQUERDA (TDF VS DESLOCAMENTO POSTERIOR) E INFERIOR DIREITA (FMAX VS DESLOCAMENTO POSTERIOR).

A correlação entre os parâmetros estabilométricos, as características contráteis e o TUG são apresentados na TABELA 7.2. As melhores correlações (0,450 a 0,600) entre os parâmetros estabilométricos (deslocamento anterior e posterior do CoP) e a taxa de desenvolvimento de força foram nas articulações do quadril (flexores e extensores), do joelho (flexores) e tornozelo (plantiflexores), na força muscular (extensores e flexores do quadril e flexores do joelho).

TABELA 7.2 MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE PARÂMETROS ESTABILOMÉTRICOS, CARACTERÍSTICAS CONTRÁTEIS E TESTES FUNCIONAIS.

	DESL P <sup>†</sup>	DESL A <sup>†</sup>	VELOC. P	VELOC. A
HE TDF <sup>†</sup>	-0,563**	-0,451**	-0,170	-0,058
HE Fmax	-0,591**	-0,525**	-0,269	-0,212
HF TDF	-0,506**	-0,490**	-0,354*	-0,177
HF Fmax <sup>†</sup>	-0,532**	-0,456**	-0,496**	-0,300
KE TDF <sup>†</sup>	-0,460**	-0,373*	-0,331*	-0,207
KE Fmax	-0,463**	-0,481**	-0,367*	-0,304*
KF TDF	-0,571**	-0,542**	-0,350*	-0,303*
KF Fmax	-0,563**	-0,524**	-0,391**	-0,326*
PF TDF <sup>†</sup>	-0,510**	-0,465**	-0,157	-0,267
PF Fmax <sup>†</sup>	-0,363*	-0,290	-0,181	-0,140
DF TDF	-0,409**	-0,326*	-0,126	-0,138
DF Fmax <sup>†</sup>	-0,345*	-0,284	-0,174	-0,121
T AGILIDADE	-0,342*	-0,096	-0,081	-0,012

\*\* p<0,01; \*p<0,05; <sup>†</sup> Variáveis com transformação logarítmica.

TDF (N.m.s<sup>-1</sup>); Fmax (N); AGILIDADE (s); DESL (cm); VELOC (cm.s<sup>-1</sup>).

Deslocamento anterior (DESL A), deslocamento posterior (DESL P), velocidade anterior (VELOC A), velocidade posterior (VELOC P), TDF (Taxa de Desenvolvimento de Força), Fmax (Pico de força máxima), HE (extensores do quadril), HF (flexores do quadril), KE (extensores do joelho), KF (flexores do joelho), PF (plantiflexores do tornozelo), DF (dorsiflexores do tornozelo), T AGILIDADE (teste agilidade).

O preditor mais significativo para as variáveis dependentes nos deslocamentos anterior e posterior foi a taxa de desenvolvimento dos plantiflexores (TABELA 7.3).

TABELA 7.3 – PREDITORES SIGNIFICATIVOS PARA AS VARIÁVEIS DEPENDENTES E ESTIMATIVAS DO R<sup>2</sup> EM IDOSOS BASEADO NA REGRESSÃO MÚLTIPLA *BACKWARD*.

DEPENDENTE	Preditor	$\beta$	p	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Ajustado
DESL A <sup>†</sup>	FP TDF <sup>†</sup>	-0,366	0,002	0,203	0,184
DESL P <sup>†</sup>	FP TDF <sup>†</sup>	-0,429	0,004	0,458	0,431
VELOC P	HF Máx <sup>†</sup>	-1,958	0,001	0,246	0,227
VELOC A	KF Máx	-0,047	0,033	0,106	0,084

<sup>†</sup> Variáveis transformação logarítmica.

Deslocamento anterior (DESL A), deslocamento posterior (DESL P), velocidade anterior (VELOC A), velocidade posterior (VELOC P).

O cálculo da razão da probabilidade (odds ratio) de queda foi calculada para todos os parâmetros analisados e o deslocamento posterior foi o que apresentou maior chance de queda nos idosos, entretanto deve-se considerar uma relação entre o deslocamento posterior com a velocidade anterior e oscilação anterior (Tabela 7.4).

TABELA 7.4 - PROBABILIDADE DE QUEDA ENCONTRADO NOS PARÂMETROS ESTABILOMÉTRICOS.

	<b>B</b>	<b>Sig.</b>	<b>Exp(B)</b>	<b>95.0% C.I. for EXP(B)</b>	
<b>DESL P</b>	2,215	0,015	9,157	1,532	54,749
<b>DESL A</b>	-2,009	0,130	0,134	0,010	1,809
<b>VELOC A</b>	-0,998	0,107	0,368	0,109	1,240

## 7.5 DISCUSSÃO

A presente investigação buscou analisar a correlação entre equilíbrio dinâmico, capacidade funcional, pico de força, taxa de desenvolvimento de força e histórico de quedas. Para isso, um grupo de idosos foi submetido a uma perturbação controlada e inesperada, para verificar quais fatores influenciam na capacidade de recuperar o equilíbrio após o distúrbio.

A porcentagem de idosos que relataram alguma queda no ano anterior à realização do estudo (32,6%) está de acordo com os dados relatados na literatura (PEREIRA et al., 2001; GUIMARÃES & FARINATTI, 2005). Pereira et al. (2001), reportaram ocorrências de queda de 32% (65 a 74 anos), 35% (75 a 84 anos) e 51% em indivíduos acima de 85 anos. A frequência de quedas entre idosos observada no presente estudo são comparáveis às reportadas por outros pesquisadores (AKEL, 2012; MEZARI et al., 2012). O número de idosos que sofreram uma queda é similar aquele reportado por Mezari et al. (2012), que detectaram 55.8% de quedas. Tais achados indicam a elevada frequência de quedas nessa população e denotam a necessidade de estudos que possam compreender mecanismos e reduzir o número de quedas.



Na aplicação de um distúrbio a partir da posição ereta, ocorre oscilação do corpo para frente (direção anterior), devido ao deslocamento do centro de massa nesta direção, com isso, o indivíduo deve reduzir a velocidade do deslocamento a zero para frear o movimento e controlar o distúrbio para evitar a perda do equilíbrio e impedir a queda e em seguida iniciar o reposicionamento do corpo, ou seja, o centro de massa tem um deslocamento para trás (direção posterior) para restabelecer a posição inicial. Nesta excursão do centro de massa é necessário que sua projeção permaneça dentro da base de sustentação para se evitar a queda (FREITAS et al., 2010), para isso, na recuperação do equilíbrio, o rápido reposicionamento do corpo é um fator determinante (VAN DEN BOGERT et al., 2002).

Para evitar a queda, o idoso precisa controlar a oscilação do centro de massa na direção anterior, pois quanto maior for a excursão neste deslocamento maior será a fase de reposicionamento, maior oscilação posterior. Apesar, de preditores estarem relacionados a fase posterior de oscilação, esta dependência entre as fases (anterior e posterior) faz com que seja necessário uma atenção na oscilação anterior, pois esta determina a capacidade de controle do equilíbrio.

O tempo de reposicionamento após a perturbação em idosos com histórico de quedas é maior do que naqueles sem histórico de quedas (MELZER et al., 2007) e a probabilidade de ocorrer quedas é 5 vezes maior em indivíduos com tempos de recuperação acima de 1,1s. No presente estudo, os resultados demonstraram oscilações maiores para os idosos com histórico de quedas. Assim, a maior amplitude de oscilação provocou resposta mais lenta na recuperação da instabilidade, aumentando a probabilidade de queda nesta população. De fato, idosos que apresentam oscilações posteriores do CoP mais acentuadas apresentaram risco de queda nove vezes maior, entretanto a velocidade de oscilação do CoP pode reduzir esta probabilidade, assim aceita-se  $H_0$ , onde se afirmou que os idosos que sofreram quedas no último ano apresentaram maiores oscilações dos parâmetros estabilométricos quando comparados aos idosos sem histórico de quedas.

Maiores torques nas articulações dos membros inferiores, principalmente no tornozelo, permitem que o idoso tenha maior controle sobre a velocidade reduzindo as oscilações na direção anteroposterior, diminuindo assim o risco de quedas. Assim, alterações nas respostas neuromusculares após um distúrbio podem indicar déficit no equilíbrio e sua identificação auxilia na intervenção e prevenção da queda em idosos (FREITAS et al., 2010).

No presente estudo verificou-se que a capacidade de recuperar o equilíbrio frente a um distúrbio foi influenciada pelas características contráteis dos membros inferiores (força máxima e taxa de desenvolvimento de força), especialmente dos músculos que controlam a articulação do tornozelo. O torque aplicado ao redor da articulação do tornozelo durante uma perturbação tem sido descrito como a primeira ação realizada para restabelecer o controle postural (MARIGOLD & PATLA, 2002; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; NAGAI et al., 2013). De fato, a maior capacidade de produzir força ao redor da articulação do tornozelo foi associada à capacidade de reduzir a excursão do centro de pressão. Além disso, a maior capacidade de produzir força rapidamente (taxa de desenvolvimento de força) também foi fortemente associada à contenção do deslocamento do centro de pressão. Rápidas respostas são importantes para reduzir os deslocamentos do centro de pressão de forma a evitar que o centro de pressão migre para fora da base de suporte e que o equilíbrio não possa mais ser recuperado. Assim, idosos com maior força e taxa de desenvolvimento de força (TDF) apresentaram menores deslocamentos do CoP.

O pico e a taxa de desenvolvimento de força ao redor do quadril também foram correlacionados com o deslocamento do centro de pressão, reduzindo a oscilação do CoP. As estratégias do quadril são utilizadas pelos idosos para aumentar a quantidade de torques no membro inferior para reduzir os deslocamentos do centro de pressão de forma a evitar a queda. Assim, nos idosos sem histórico de quedas foi observada uma menor oscilação do corpo anteriormente quando comparado com idosos que apresentaram quedas. Logo, reduções sobre a força e a potência muscular que ocorrem com a idade podem limitar a capacidade de restabelecer o controle postural e evitar quedas. De fato, a

redução da potência e força muscular tem sido relatada como um dos fatores que podem aumentar o risco de quedas em idosos (WHIPPLE et al., 1987; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; GUIMARÃES & FARINATTI, 2005; PINHO et al., 2005; PIJNAPPELS et al., 2008; IMAGAMA et al., 2013).

Portanto, o melhor controle postural gerado ao redor das articulações do tornozelo e quadril permitiu uma menor velocidade de oscilação do CoP, demonstrando uma melhor capacidade do idoso em controlar a aceleração do CoP no sentido anterior melhorando a capacidade de reposicionamento (deslocamento posterior do CoP) do corpo, reduzindo a probabilidade de quedas. De fato, a velocidade de deslocamento do CoP é influenciada pela rapidez com que o idoso percebe e começa a controlar a excursão do centro de massa (STELMACH et al., 1989; NAKAMURA et al., 2001; OKADA et al., 2001; WOOLLACOTT & SHUMWAY-COOK, 2003; LEE & CHOU, 2006), pois quanto mais rápido o pico de força for alcançado, mais rápida será a redução da aceleração do deslocamento do CoP (STELMACH et al., 1989; GU et al., 1996; NAKAMURA et al., 2001; OKADA et al., 2001).

Durante o reposicionamento do equilíbrio postural também são necessárias o desenvolvimento de elevados torques nas articulações inferiores, para melhor controle da oscilação do centro de massa no sentido posterior. Da mesma maneira que no deslocamento anterior, pode-se afirmar que a menor oscilação encontrada no deslocamento do CoP ocorreu por maior força e taxa de desenvolvimento de força nas articulações do tornozelo e quadril.

As articulações do quadril e tornozelo têm sido apontadas como as principais responsáveis por restabelecer o equilíbrio para evitar quedas durante uma perturbação (PLOUTZ-SNYDER et al., 2002; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003; PIJNAPPELS et al., 2005; PIJNAPPELS et al., 2007; BOK et al., 2013). No presente estudo, a taxa de desenvolvimento de força extensora do quadril demonstrou diferença entre os grupos, onde melhores resultados foram encontrados em idosos sem histórico de quedas. Isto permite afirmar que estes apresentam um melhor controle postural, através de uma menor excursão e

velocidade de oscilação do centro de massa, evidenciando uma redução na probabilidade de quedas. Provavelmente, estratégias de tornozelo e quadril para melhor controlar o deslocamento do centro de massa imposto pela movimentação da base de suporte foram utilizadas (WOOLLACOTT & SHUMWAY-COOK, 2003).

Nos idosos com histórico de quedas foi encontrada menor força muscular e taxa de desenvolvimento de força nas articulações de quadril e tornozelo, como o momento gerado pela oscilação do centro de massa aumenta é necessário que ocorra a ativação dos plantiflexores para reduzir os deslocamentos do CoP, sendo necessário momentos angulares maiores para frear este movimento tanto no sentido anterior quanto na recuperação, declínios maiores devido ao envelhecimento relacionados com as características contráteis poderiam explicar parcialmente a recuperação mais lenta destes idosos com histórico de quedas no último ano. Porém, mudanças no controle neural (ex. velocidade de processamento da informação) também podem ter contribuído (MANCHESTER et al., 1989; STELMACH et al., 1989; NAKAMURA et al., 2001; OKADA et al., 2001; LIN & WOOLLACOTT, 2002; LEE & CHOU, 2006; FREITAS et al., 2010).

O idoso necessita gerar torques também na articulação do joelho para aumentar o controle postural e estabilizar o equilíbrio durante a perturbação, ou seja, precisa manter o joelho em extensão durante o deslocamento do centro de massa, principalmente por esta ser uma articulação importante no controle da posição do corpo em desequilíbrio e com isso reduzir o risco de cair após tropeçar (PIJNAPPELS et al., 2005). Outro aspecto importante é o fato de que os músculos desta articulação são biarticulares, atuando tanto no joelho quanto na articulação do quadril, com isso ocorre um aumento da força e torques no quadril aumentando a estabilidade nesta articulação e na coluna vertebral. Isto pode estar relacionado com os altos índices de força muscular e taxa de desenvolvimento de força encontrado na articulação do joelho. No restabelecimento do equilíbrio o músculo tibial anterior na articulação do tornozelo, auxiliado pelos flexores do joelho, fornece a informação sensorial sobre

a posição vertical do corpo e o realinhamento do mesmo em relação à base de suporte de forma a evitar quedas (GATEV et al., 1999; MARIGOLD & PATLA, 2002; LORAM et al., 2005; DI GIULIO et al., 2009), no entanto, são os plantiflexores na articulação do tornozelo os principais responsáveis em reduzir a oscilação do corpo na direção anteroposterior, assim aceita-se  $H_9$ , que afirma que as características contráteis (pico de força e a taxa de desenvolvimento de força) relacionam-se positivamente com os parâmetros estabilométricos..

O *Timed up and Go* (TUG) é um dos testes que estabelece a condição da capacidade funcional do idoso, pode-se sugerir que o tempo no teste demonstra possíveis dificuldades de equilíbrio, nas atividades cotidianas e na velocidade da marcha, indicando, assim, possibilidade de comprometimento funcional (STEFFEN et al., 2002; CHIU et al., 2003; CHIU & CHOU, 2013). No presente estudo, os idosos do grupo sem quedas realizaram a tarefa em um tempo menor comparado aos idosos com histórico de quedas, o que mostra que estes últimos apresentaram maior déficit de mobilidade. Em um estudo com idosos sem relato de quedas e com histórico de quedas recorrentes, Shumway-Cook et al. (2000), sugeriram que idosos que realizavam a tarefa em um tempo superior a 14 segundos tinham alto risco de quedas. Apesar de ser um teste importante para determinação da capacidade funcional, o TUG não deve ser adotado como preditor da capacidade de equilíbrio dinâmico do idoso, pois apresenta pouca especificidade com as demandas dinâmicas envolvidas no controle do sistema postural que são necessários para recuperar o equilíbrio após um distúrbio. De fato, foram encontradas baixas correlações entre os tempos no teste e as oscilações do CoP nas direções anterior e posterior. Por outro lado, os idosos com maior força muscular nos membros inferiores demonstraram menores tempos no teste (TUG), o que aponta para maior autonomia na realização de atividades cotidianas, as quais são dependes da expressão da força muscular.

Logo, sugere-se que o TUG pode ser utilizado para a triagem da força dos membros inferiores, visto que esta se correlaciona com o risco de quedas e equilíbrio em idosos, portanto rejeita-se  $H_{10}$ , onde se afirmou que o desempenhos

no teste *Timed up and Go* (TUG) relaciona-se positivamente com os parâmetros estabilométricos.

## **7.6 CONSIDERAÇÕES**

O presente estudo permitiu verificar que os idosos com histórico de quedas apresentaram maiores déficits de força máxima muscular e taxa de desenvolvimento de força nas articulações do quadril e tornozelo. Com isso, foi encontrada maior velocidade de deslocamento do CoP, que permite inferir que o sistema de controle postural atua mais tardiamente para controlar a excursão do centro de massa, o que pode provocar deslocamentos mais pronunciados e maiores dificuldades de reposicionar o centro de pressão, os quais podem levar ao aumento do risco de quedas.

Estudos futuros entre idosos com e sem histórico de quedas poderiam realizar intervenções nos grupos para verificar o quanto as características contráteis melhoram a capacidade de equilíbrio de idosos.

## 8. CONCLUSÕES

O presente estudo teve como objetivo geral analisar os mecanismos empregados por idosos durante a recuperação do equilíbrio decorrente de uma perturbação inesperada em um novo teste metodológico. Para isto, a estrutura do estudo foi baseada na busca dos objetivos específicos. Assim, o estudo foi formado por quatro capítulos com diferentes experimentos relacionados ao equilíbrio em idosos (capítulos 4, 5, 6 e 7). As limitações encontradas no estudo foram: logística, como a coleta foi realizada em dois momentos distintos alguns idosos compareceram em apenas um dos testes; dificuldade no controle das atividades diárias dos participantes e controle da atividade física de cada um deles.

O primeiro estudo verificou o equilíbrio estático entre grupos de idosos que vivem em comunidade e praticam exercícios físicos e idosos institucionalizados que não praticam. Os resultados deste estudo demonstraram maiores déficits no controle postural dos idosos institucionalizados em comparação com os idosos fisicamente ativos, sendo que os idosos asilados apresentaram deslocamentos maiores e mais rápidos do centro de pressão na direção anteroposterior do que os praticantes de exercício físico. Quando a informação visual foi removida, a informação proprioceptiva não foi suficiente para permitir que o controle postural obtivesse o mesmo comportamento, o que resultou em maior oscilação sobre a postura ereta, entretanto, nos idosos asilados não foi observada diferença nos resultados obtidos nos testes realizados nas condições de olho aberto ou fechado, indicando um elevado comprometimento do sistema neuromuscular nestes indivíduos. Estes achados estão de acordo com a literatura que aponta a ineficiência de testes estáticos para avaliação das estratégias utilizadas pelos idosos na manutenção ou recuperação do equilíbrio e nem inferir sobre risco de queda nesta população. Portanto, este estudo buscou reduzir esta falta de especificidade do teste, adotando um teste de equilíbrio dinâmico, com perturbação que exige respostas mais rápidas e permite uma avaliação mais precisa do comportamento dos idosos no controle postural.

Assim, para verificar a eficiência do teste de equilíbrio dinâmico, foi conduzido um segundo estudo onde verificou-se a reprodutibilidade do método na verificação da capacidade de recuperação do equilíbrio do idoso submetido a uma perturbação inesperada, através da análise de concordância de Bland-Altman. O teste dinâmico que mensurou os parâmetros estabilométricos (oscilações na direção anteroposterior e na velocidade do centro de pressão) foi aplicado duas vezes (duplicata) no mesmo grupo de indivíduos e os resultados (médias) não demonstraram diferença entre as duas avaliações. Tais resultados demonstram que a metodologia empregada no teste é segura e permite que ele seja repetido sucessivamente sem que possíveis estratégias antecipatórias tenham efeito importante sobre os parâmetros estabilométricos do controle postural.

O terceiro estudo determinou a sensibilidade do teste, ou seja, a sua capacidade de discriminar adequadamente a recuperação do equilíbrio, para isto foi utilizado dois grupos distintos (jovens e idosos) com evidentes diferenças em suas capacidades de recuperação do equilíbrio após perturbação inesperada. Neste estudo foi observado que os idosos apresentaram deslocamentos maiores e mais rápidos do centro de pressão na direção anteroposterior do que os adultos jovens. A menor oscilação apresentada pelos jovens está relacionada à sua maior capacidade em utilizar mecanismos de força e potência muscular na recuperação do equilíbrio, melhor capacidade em reagir a distúrbios e evitar quedas em comparação com idosos. Portanto, mediante os resultados obtidos é possível afirmar que a metodologia empregada foi eficiente e específica para o que se pretendia analisar. Assim, pode ser utilizada de forma segura em estudos do equilíbrio dinâmico em idosos.

Por fim, o quarto estudo determinou a relação entre o teste *Timed up and Go* (TUG), parâmetros da função contrátil muscular (pico de força, taxa de desenvolvimento de força) e histórico de quedas com parâmetros estabilométricos avaliados em teste de perturbação em idosos. Neste estudo, os resultados demonstraram maiores oscilações do CoP na direção anterior e posterior e na velocidade e menores pico de força (Fm) e coeficientes de taxa de



desenvolvimento de força (TDF) para os idosos com histórico de quedas em relação àqueles que não sofreram quedas. A maior amplitude de oscilação observada no grupo de idosos com histórico de quedas representa uma resposta mais lenta destes indivíduos na recuperação da instabilidade, aumentando a probabilidade de queda nesta população. Os resultados obtidos do TUG demonstraram que este teste não deve ser utilizado como única ferramenta de avaliação do equilíbrio perturbado, pois apresenta pouca especificidade com as demandas dinâmicas envolvidas no controle do sistema postural. Entretanto pode ser útil no processo de triagem da força dos membros inferiores, pois os idosos que apresentaram menores índices de força tiveram piores desempenho no teste na predisposição do risco de quedas.

O controle postural é de extrema importância em qualquer fase da vida, nos idosos torna-se ainda mais evidente, pois representa independência para realização de tarefas cotidianas como vestir-se, caminhar, ir ao mercado e outras. A natural deterioração do sistema sensorial e motor em decorrência da idade produz redução na capacidade de recuperação do equilíbrio e pode consequentemente gerar quedas reduzindo drasticamente a qualidade de vida do idoso, tornando-o mais fragilizado e dependente. O fenômeno apresenta dimensões sociais abrangentes uma vez que afeta não somente o idoso, mas também seus familiares e o sistema de saúde.

Assim, estudos sobre o tema são sempre relevantes e novas pesquisas fundamentais para estabelecer estratégias eficientes na prevenção de quedas e na melhoria da qualidade funcional dos idosos. Para futuros estudos nesta temática sugere-se que os idosos sejam divididos por faixa etária e gênero, intervenção de acordo com o tipo de atividade física, tarefas cognitivas e a utilização de eletromiografia (EMG).

## REFERÊNCIAS

- AAGAARD P., ANDERSEN J.L. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. **Med Sci Sports Exerc.**, 30(8):1217-1222; 1998.
- AAGAARD P., SIMONSEN E.B., ANDERSEN J.L., MAGNUSSON P., DYHRE-POULSEN P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. **J Appl Physiol.**, 93(4):1318-1326; 2002.
- AAGAARD P. Training-induced changes in neural function. **Exerc Sport Sci Rev.**, 31(2):61-67; 2003.
- AAGAARD P., MAGNUSSON P.S., LARSSON B., KJAER M., KRUSTRUP P. Mechanical muscle function morphology, and fiber type in lifelong trained elderly. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, 39(11):1989-1996; 2007.
- ACSM - AMERICAN HEART ASSOCIATION AND AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE. Joint Position Statement: Exercise and acute cardiovascular events: placing the risks into perspective. **Medicine and Science in Sport and Exercise**, 39:886–897, 2007.
- ADAMS K., O'SHEA P., O'SHEA KL. Aging: its effects on strength, power, flexibility, and bone density. **Strength Cond J.**, 21(2):65-77; 1999.
- AGS (AMERICAN GERIATRICS SOCIETY). Guideline for the prevention of falls in older persons. **JAGS.**, 49:664-672; 2001.
- ALMEIDA S.T. Análise da estabilidade postural de idosos sedentários, praticantes de exercício físico regular e atletas. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, 4(1):39-47; 2007.
- AIKAWA A.C., BRACCIALLI L.M.P., PADULA R.S. Efeitos das alterações posturais e de equilíbrio estático na queda de idosos institucionalizados. **Ver. Cien. Med.**, 15(3):189-196; 2006.
- AKEL S.M. **Ajustes posturais a um distúrbio controlado em idosos com e sem histórico de quedas**. Curitiba; Dissertação de mestrado. 2012.
- ALEXANDER N.B. Postural control in older adults. **J Am Geriatric Soc.**, 42(1):93-108; 1994.
- ANDREWS G.R. . Promoting health and function in an ageing population. **BMJ.**, 322(7288):728-729; 2001.

AURIN A.S., SHIRATORI T. The effect of the amplitude of motor action on anticipatory postural adjustments. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 14:455-462; 2004.

AVLUND K., SCHROLL M., DAVIDSEN M., LOVBORG B., RANTANEN T. Maximal isometric muscle strength and functional ability in daily activities among 75-year-old men and women. **Scand J Med Sci Sports**, 4(1):32-40; 1994.

BALOH R.W., FIFE T D., ZWERLING L., SOCOTCH T., JACOBSON K., BELL T., BEYKIRCH K.. Comparison of static and dynamic posturography in young and older normal people. **J Am Geriatr Soc.**, 42(4):405–412, 1994.

BALOH R.W., SPAIN S., SOCOTCH T.M., JACOBSON K.M., BELL T. Posturography and balance problems in older people. **J. Am. Geriatr. Soc.**, 43(6):638-644; 1995.

BALOH R.W., CORONA S., JACOBSON K.M., ENRIETTO J.A., BELL T. A prospective study of posturography in normal older people. **J. Am. Geriatr. Soc.**, 46:438-443; 1998.

BARAFF L.J., DELLA PENNA R., WILLIAMS N., SANDERS A. Practice guideline for the ED Management of falls in community–dwelling elderly persons. **Ann. Emerg. Med.**, 30(4):480-492; 1997.

BARAUNA M.A., SUZI R.M.B., CANTO R.S.T., SILVA R.A.V., SILVA C.D.C., BARAUNA K.M.P. Estudo do equilíbrio estático de idosos com quedas. **Rev. Fisioter. Bras.**, 5(2):136-141; 2004.

BARBOSA S.M., ARAKAKI J., DA SILVA M.F. Estudo do equilíbrio em idosos através da fotogrametria computadorizada. **Fisioterapia Brasil**. 2(3):189-196; 2001.

BARELA J.A. Estratégias de controle em movimentos complexos: Ciclo percepção-ação no controle postural. **Revista Paulista de Educação Física**, 3:79-88; 2000.

BARIN K., JEFFERSON G.D., SPARTO P.J., PARNIANPOUR M. Effect of aging on human postural control during cognitive tasks. **Biomed Sci Instrum**, 33:388-393; 1997.

BASMAJIAN J.V., DE LUCA C.J. **Muscles Alive**. Their Functions Revealed by Electromyography. Baltimore: Williams & Wilkins; 1964.

BASSEY E.J. Physical capabilities, exercise and aging. **Rev Clin Gerontol.**, 7:289-297; 1997.

BASTOS A.G.D., LIMA M.A.M.T., OLIVEIRA L.F. Avaliação de pacientes com queixa de tontura e eletronistagmografia normal por meio da estabilometria. **Revista Brasileira Otorrinolaringologia**, 71(3):305-310; 2005.

BENTO P.C.B., PEREIRA G., UGRINOWITSCH C., RODACKI A.L.F. Peak torque and rate of torque development in elderly with and without fall history. **Clinical Biomechanics**, 25(5):450-454;2010.

BENTO P.C.B., RODACKI A.L.F., HOMANN D., LEITE N. Exercícios físicos e redução de quedas em idosos: uma revisão sistemática. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum**, 2(6):471-479; 2010.

BENTO P.C.B., PEREIRA G., UGRINOWITSCH C., RODACKI A.L.F. The effects of a water-based exercise program on strength and functionality of older adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 20(4):469-483; 2012.

BENTO P.C.B. **Comparação dos efeitos dos programas: hidroginástica e treinamento de força na função muscular, funcionalidade e controle postural de idosos**. Curitiba; Tese de doutorado. 2012.

BERG K.O, NORMAN K.E. Functional assessment of balance and gait. **Clinics in Geriatrics Medicine**, 12(4):705-723;1996.

BIRGE S.J. Can falls and hip fracture be prevented in frail older adults? **Am. Geriatr. Soc.**, 47:1265-1266; 1999.

BITTAR R.S.M., PEDALINI M.E.B., RAMALHO J.O., YOSHIMURA R. Critical analysis of vestibular rehabilitation outcome according to dizziness etiology. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, 73(6):760-764; 2007.

BLACK F.O., SHUPERT C.L., HORAK F.B., NASHNER L.M. Abnormal postural control associated with peripheral vestibular disorders. **Prog Brain Res**, 76:263-275; 1988.

BLAND J.M., ALTMAN D.G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, 1(8476):307-310; 1986.

BOK S.K., LEE T.H., LEE S.S. The effect of changes of ankle strenght and range of motion according to aging on balance. **Ann Rehabil Med**, 37(1):10-16; 2013.

BORN T. **Cuidado com o idoso em instituição**. In M. Papaléo Neto (Org). Gerontologia, São Paulo, Ed. Atheneu, p. 403-414, 1996.

BOUISSET S., DO M.C. Posture, dynamic stability, and voluntary movement. **Neurophysiologie Clinique/Clinical**

**Neurophysiology**, 38(6):345–362; 2008.

BRANDON L.J., BOYETTE L.W., GAASCH D.A., LLOYD A. Effects of lower extremity strength training on functional mobility in older adults. **J Aging Physical Activity**, 8(3): 214-227; 2000.

BREUER S.G., BURNS Y.R., GALLEY P.A. prospective study of laboratory and clinical measures of postural stability to predict community-dwelling fallers. **Journal of gerontology: medical science**, 55(8):469-476; 2000.

BRILL P.A., MACERA C.A., DAVIS D.R., BLAIR S.N., GORDON N. Muscular strength and physical function. **Med Sci Sports Exerc.**, 32(2):412-416; 2000.

BUGNARIU N., FUNG J. Aging and selective sensoriomotor strategies in the regulation of upright balance. **Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation**, 20:4-19; 2007.

CAMPBELL A.J., ROBERTSON M.C., GARDNER M.M. Elderly people who fall: identifying and managing the causes. **Brit J Hosp Med.**, 54(10):520-523;1995.

CAMPBELL A.J., ROBERTSON M.C., LA GROW S.J., KERSE N.M., SANDERSON G.F., JACOBS R.J., SHARP D.M., HALE L.A. Randomised controlled trial of prevention of falls in people aged > 75 with severe visual impairment: the VIP trial. **The British Medical Journal**, 331(7520):817; 2005.

CANDOW D.G., CHILIBECK P.D. Differences in size, strength, and power of upper and lower body muscle groups in young and older men. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, 60(2):148-156; 2005.

CARVALHAES N., ROSSI E., PASCHOAL S., PERRACINI N., PERRACINI M., RODRIGUES R. Quedas.In: I CONGRESSO PAULISTA DE GERIATRIA E GERONTOLOGIA, São Paulo,GERP 1998. **Anais...Consensos em Gerontologia SBGG**, São Paulo.p. 5-18; 1998.

CARVALHO J., SOARES J.M.C. Envelhecimento e força muscular; breve revisão. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, 4(3):79-93; 2004.

CARVALHO J., PINTO J., MOTA J. Atividade física, equilíbrio e medo de cair. Um estudo em idosos institucionalizados . **Rev. Port. Cien. Desp.**, 7(2):225-231; 2007.

CARTER N.D., KANNUS P., KHAN K.M. Exercise in prevention of falls in older people. A systematic literature review examining the rationale and evidence. **Sports Med.**, 31(6):427-438; 2001.

CHABRAN E., MATON B., RIBREAU C., FOURMENT A. Electromyographic and biomechanical characteristics of segmental postural adjustments associated with voluntary wrist movements. **Exp Brain Res.**, 141(2):133-145; 2001.

CHIU A.Y., AU-YEUNG S.S., LO S.K. A comparison of four functional tests in discriminating fallers from non-fallers in older people. **Disabil Rehabil.**, 25(1):812-819; 2003.

CHIU S.L., CHOU L.S. Variability in inter-joint coordination during walking of elderly adults and its association with clinical balance measures. **Clin Biomech.**, 28(4):454-458; 2013.

CLARK R.D., LORD S.R., WEBSTER I.W. Clinical parameters associated with falls in an elderly population. **Gerontology**, 39(2):117-123; 1993.

CLARK C.B., MANINI T.M. Functional consequences of sarcopenia and dynapenia in the elderly. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care**, 13(3):271-276; 2010.

CLOSE J C. Prevention of falls in older people. **Disability Rehabilitation**, 27(18-19):1061-1071; 2005.

CRISTOPOLISKI F., BARELA J.A., LEITE N., FOWLER N.E., RODACKI A. L.F. Stretching exercise program improves gait in the elderly. **Gerontology**. 55(6):614-620; 2009.

DALEY M.J., SPINKS W.L. Exercise, mobility and aging. **Sport Medicine**, 29(1):1-12; 2000.

D'ELBOUX D.M.J., NÉRI A.L., CACHIONI M. **Saúde e qualidade de vida na velhice**. São Paulo: Alínea; p.236; 2004.

DELMONICO M.J., HARRIS T.B., VISSER M., PARK W.S., CONROY M.B., VELASQUEZ-MIEYER P., BOURDREAU R., MANINI T. M., NEVITT M., NEWMAN A.B., GOODPASTER B.H. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. **American Journal of Clinical Nutrition**, 90(6):1579-1585; 2009.

DI GIULIO I., MAGANARIS C.N., BALTZOPOULOS V., LORAM I.D. The proprioceptive and agonist roles of gastrocnemius, soleus and tibialis anterior muscles in maintaining human upright posture. **J Physiol.**, 15(10): 2399–2416; 2009.

DIMITROVA N.A., DIMITROV G.V. Interpretation of EMG changes with fatigue: facts, pitfalls, and fallacies. **J Electromyogr Kinesiol.**, 13(1):13-36; 2003.

DOHERTY T.J., VANDERVOORT A.A., BROWN W.F. Effects of ageing on the motor unit: a brief review. **Can J Appl Physiol.**, 18(4):331-358; 1993.

DUARTE M. **Análise estabilográfica da postura ereta humana quase – estática**. Tese apresentada à Escola de Educação Física e esporte da Universidade de São Paulo, como requisito parcial para o concurso de Livre Docência na área de Biomecânica, junto ao Departamento de Biodinâmica do Movimento do Corpo Humano. São Paulo. 2000.

DUARTE M., ZATSIORSKY V.M. Effects of body lean and visual information on the equilibrium maintenance during stance. **Experimental Brain Research**, 146(1):60-69; 2002.

DUARTE M., FREITAS S.M.S.F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. **Rev Bras Fisioter.**, 14(3):183-192; 2010.

DU PASQUIER R.A., BLANC Y., SINNREICH M., LANDIS T., BURKHARD P., VINGERHOETS F.J.G. The effect of aging on postural stability: a cross sectional and longitudinal. **Éditions scientifiques et médicales**. Elsevier SAS. 2003.

EDELBERG H.K. Falls and function. How to prevent falls and injuries in patients with impaired mobility. **Geriatrics**, 56(3):41-45; 2001.

EDELBERG H.K. Evaluation and management of fall risk in older adult. Annals of Long-Term Care. **Clinical Care and Aging**, 11(10):34-40; 2003.

ENOKA R.M., STUART D.G. Neurobiology of muscle fatigue. **J Appl Physiol.**, 72(5):1631-1648; 1992.

ERA P., HEIKKINEN E. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. **Journal of Gerontology**, 40(3):287-295; 1985.

ERA P., SAINIO P., KOSKINEN S., HAAVISTO P., VAARA M., AROMAA A. Postural balance in a random sample of 7.979 subjects aged 30 years and over. **Gerontology**, 52(4):204-213; 2006.

FARIA J.C., MACHALA C.C., DIAS R.C., DIAS J.M.D. Importância do treinamento de força na reabilitação da função muscular, equilíbrio e mobilidade de idosos. **Acta Fisiátrica**, 10(3):133-137; 2003.

FERRAZ M.A., BARELA J.A., PELLEGRINI A.M. Acoplamento sensório-motor no controle postural de indivíduos idosos fisicamente ativos e sedentários. **Motriz**, 7(2):99-105; 2001.

FERREIRA D.C.O., YOSHITOME A.Y. Prevalência e características das quedas de idosos institucionalizados. **Rev Bras Enferm.**, 63(6):991-997; 2010.

FIGUEIREDO K.M.O.B., LIMA K.C., GUERRA R.O. Instrumentos de avaliação do equilíbrio corporal em idosos. **Rev Bras Cineantropom Desempenho Humano**, 9(4):408-413; 2007.

FREITAS JUNIOR P.B. **Características comportamentais do controle postural de jovens, adultos e idosos**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Motricidade) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 131p.; 2003.

FREITAS S.M.S.F., DUARTE M. **Métodos de análise do controle postural** [texto na Internet]. São Paulo: Fapesp; 2005. Disponível em: <http://lob.incubadora.fapesp.br/portal/p>

FREITAS J.R.P., BARELA J.A. Alterações no funcionamento do sistema de controle de controle postural de idosos. Uso da informação visual. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, 6(1):94-105; 2006.

FREITAS P.B., KNIGHT C.A., BARELA J.A. Postural reactions following forward platform perturbation in young, middle-age, and old adults, **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 20(4):693-700; 2010.

FRONTERA W.R., HUGHES V.A., FIELDING R.A., FIATARONE M.A., EVANS W.J., ROUBENOFF R. Aging of skeletal muscle: a 12 yr longitudinal study. **Journal of Applied Physiology**, 88(4):1321- 1326; 2000.

FULLER G.F. Problem-oriented diagnosis: falls in the elderly. **Am Fam. Physician.**, 61(21):59-68; 2000.

GAC H., MARIN P.P., CASTRO S., HOYL T., VALENZUELA E. Caídas em adultos mayores institucionalizados: descripción y evaluación geriátrica. **Rev Med Chile**, 131(8):887-94; 2003.

GATEV P., THOMAS S., KEPPEL T., HALLETT M. Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. **J Physiol.**, 514(3):915–928; 1999.

GAUCHARD G.C., JEANDEL C., TESSIER A., PERRIN P.P. Beneficial effect of proprioceptive physical activities on balance control in elderly human subjects. **Neurosci Lett**, 273(2):81-84; 1999.

GILL J., ALLUM J.H., CARPENTER M. G., HELD-ZIOLKOWSKA M., ADKIN A.L., HONEGGER F., PIERCHALA K. Trunk sway measures of postural stability during clinical balance tests: effects of age. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci**, 56(7):438-447; 2001.

GOBBI S. Atividade física para pessoas idosas e recomendações da Organização Mundial da Saúde. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, 2(2):41-49; 1997.



GOODPASTER B.H., PARK S.W., HARRIS B.T. KRITCHEVSKY S.B., NEVITT M., SCHWARTZ A.V., SIMONSICK E.M., TYLAVSKY F.A., VISSER M., NEWMAN A.B. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. **Journal of Gerontology:Medical Sciences**, 61(10):1059-1064; 2006.

GONÇALVES D.F.F., RICCI N.A., COIMBRA A.M.V. Equilíbrio funcional de idosos da comunidade: comparação em relação ao histórico de quedas. **Ver. Bras. Fisioter.**, 13(4):316-323; 2009.

GU M.J., SCHULTZ A.B., SHEPARD N.T., ALEXANDER N.B. Postural control in young and elderly adults when stance is perturbed: dynamics. **Journal of Biomechanics**, 29(3):319-329; 1996.

GUIMARÃES J.M.N., FARINATTI P.T.V. Análise descritiva de variáveis teoricamente associadas ao risco de quedas em mulheres idosas. **Ver. Bras. Med. Esporte**, 11(5):299-305; 2005.

HAKKINEN K., ALEN M., KOMI P.V. Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. **Acta Physiol Scand.**, 125(4):573-585; 1985.

HAKKINEN K., KRAEMER W.J., KALLINEN M., LINNAMO V., PASTINEN U.M., NEWTON R.U. Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci.**, 51(1):21-29; 1996.

HALIL M., ULGER Z., CANKURTARAN M., SHORBAGI A., YAVUZ B.B., DEDE D. Falls and the elderly: is there any difference in the developing world? A crosssectional study from Turkey. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, 43(3):351-359; 2006.

HARRIDGE S.D., BOTTINELLI R., CANEPARI M., PELLEGRINO M.A., REGGIANI C., ESBJÖRNSSON M., SALTIN B. Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. **Pflugers Arch.**, 432(5):913-920; 1996.

HAYES K.C. Biomechanics of postural control. **Exercise and Sport Science Reviews**, 10(1):363-392; 1982.

HAZELL T., KENNO K., JAKOBI J. Functional Benefit of Power Training for Older Adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 15(3):349-359; 2007.

HENRIKSSON M., LEDIN T., GOOD L. Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. **American Journal Sports Medicine**, 29:359-366; 2001.

HENRY C., WEBSTER-GANDY J., VARAKAMIN C. A comparison of physical activity levels in two contrasting elderly populations in Thailand. **Am J Human Biol.**, 13(3):310-315; 2001.

HILL K., SCHWARZ J. Assessment and management of falls in older people. **Internal Medicine Journal**, 34(9-10):557–564; 2004.

HILLIARD M.J., MARTINEZ K.M., JANSSEN I., EDWARDS B., MILLE M.L., ZHANG Y., ROGERS M.W. Lateral Balance Factors Predict Future Falls in Community-Living Older Adults. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 89(9):1708-1713; 2008.

HINDMARSH J.J., HARVEY ESTES E. Falls in Older Persons Causes and Interventions. **Archives of International Medicine**, 149(10):2217-2222; 1989.

HOLBEIN-JENNY M.A., MCDERMOTT K., SHAW C., DEMCHAK J. Validity of functional stability limits as a measure of balance in adults aged 23-73 years. **Ergonomics**, 50(5):631-46; 2007.

HORAK F.B., HENRY S.M., SHUMWAY-COOK A. Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. **Phys Ther.**, 77(5):517-32; 1977.

HORAK F.B., SHUPERT C.L., MIRKA A. Components of postural dyscontrol in the elderly: a review. **Neurobiol Aging**, 10(6):727–738, 1989.

HORAK F.B., MacPHERSON J.M. Postural orientation and equilibrium. Exercise: regulation and Integration of systems multiple. In: **Handbook of physiology**. New York: Oxford; p.255-258; 1996.

HORAK F.B., HENRY S.M., SHUMWAY-COOK A. Postural perturbations: news insights for treatment of balance disorders. **Physical Therapy**, 77(5):517-533; 1997.

HORAK F. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about the neural control of balance to prevent falls? **Age and Ageing**, 35(2):7-11; 2006.

HUANG M.H., BROWN S.H. Age differences in the control of postural stability during reaching tasks. **Gait Posture**, maio, 2013.

HUGHES V.A., FRONTERA W.R., WOOD M., EVANS W.J., DALLAL G.E., ROUBENOFF R., FIATARONE SINGH M.A. Longitudinal muscle strength changes in older adults: influence of muscle mass, physical activity and health. **J Gerontol.**, 56(5): 209-217; 2001.

HUNTER G.R., MCCARTHY J.P., BAMMAN M.M. Effects of resistance training on older adults. **Sports Medicine**, 34(5): 329-348; 2004.

HURLEY M.V., REES J., NEWHAN D.J. Quadriceps function, proprioceptive. Acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects. **Age and Ageing**, 27(1):55-62; 1998.

HYTÖNEN M., PYYKKÖ I., AALTO H., STARCK J. Postural control and age. **Acta Otolaryngol.**, 113(2):19-22; 1993.

IBGE, Censo Demográfico 1940/2000 e Projeção da População do Brasil por Sexo e Idade para o Período 1980-2050 – Revisão 2011.

IMAGAMA S., ITO Z., WAKAO N., SEKI T., HIRANO K., MURAMOTO A., SAKAI Y., MATSUYAMA Y., HAMAJIMA N., ISHIQURO N., HASEGAWA Y. Influence of spinal sagittal alignment, body balance, muscle strength and physical ability on falling of middle-aged and elderly males. **Eur Spine J.**, 22(6):1346-1353; 2013.

INTO (INSTITUTO NACIONAL DE TRAUMATOLOGIA E ORTOPEDIA). Dicas dos especialistas: quedas em idosos. Disponível em: (<http://www.into.saude.gov.br>).

IVERSON B.D., GOSSMAN M.R., SHADDEAU A.S., TURNER Jr. M.E. Balance performance, force production, and activity levels in non institutionalized men 60 to 90 years of age. **Phys Ther.**, 70(6):348-355; 1990.

JANSSEN I., HEYMSFIELD S.B., ROSS R. Low Relative Skeletal Muscle Mass (Sarcopenia) in Older Persons Is Associated with Functional Impairment and Physical Disability. **J Am Geriatr Soc.**, 50(5):889–896; 2002.

JENSEN R.L., EBBEN W.P. Quantifying plyometric intensity via rate of force development, knee joint, and ground reaction forces. **J Strength Cond Res.**, 21(3):763-767; 2007.

JOHNSNSTON R.B., HOWARD M.E., CAWLEY P.W., LOSSE G.M. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. **Med Sci Sports Exerc.**, 30(12):1703-1707; 1998.

KALAPOTAHRAKOS V.I., MICHALOPOULOS M., TOKMAKIDIS S.P., GODOLIAS G., GOURGOULIS V. Effects of a heavy and moderate resistance training on functional performance in older adults. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 19(3):652-657; 2005.

KAPLAN F.S., NIXON J.E., REITZ M., RINDFLEISH L., TUCKER J. Age related changes in proprioception and sensation of joint position. **Acta Orthopaedica Scandinavica**, 56(1):72-74; 1985.

KERRIGAN D.C., XENOUPoulos-ODSSON A., SULLIVAN M.J., LELAS J. J., RILEY P.O. Effect of a hip flexor-stretching program on gait in the elderly. **Archive of Physical Medicine and Rehabilitation**, 84(1):1-6; 2003.

KLEIN C.S., ALLMAN B.L., MARSH G.D., RICE C.L. Muscle size, strength, and bone geometry in the upper limbs of young and old men. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, 57(7):455-459; 2002.

LARSSON L. Histochemical characteristics of human skeletal muscle during aging. **Acta Physiologica Scandinavica**, 117(3):469-471; 1983.

LATTAZIO P.J., PETRELLA R.J. Knee proprioception: a review of mechanisms, measurements, and implications of muscular fatigue. **Orthopedics**, 21(4):463-470; 1998.

LAUFER Y., BARAK Y., CHEMEL I. Age-Related Differences in the Effect of a Perceived Threat to Stability on Postural Control. **The Gerontological Society of America**, 61(5):500-504; 2006.

LAUGHTON C.A., SLAVIN M., KATDARE K., NOLAN L., BEAN J.F., KERRIGAN D.C., PHILLIPS E., LIPSITZ L.A., COLLINS J.J. Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment. **Gait and Posture**, 18(2):101-108; 2003.

LEE M., CHUNG-CHEG H., PAFFENBARGER R.S. Exercise intensity and longevity in men. **Jama**, 73(15):1179-1184; 1995.

LEE H.J., CHOU L.S. Detection of gait instability using the center of mass and center of pressure inclination angles. **Physical Medicine and Rehabilitation**, 87(4):569-575; 2006.

LEPERS R., BIGARD A.X., DIARD J.P., GOUTEYRON J.F., GUEZENNEC C.Y. Posture control after prolonged exercise. **European Journal Applied Physiology**, 76(1):55-61; 1997.

LEXELL J., TAYLOR C., SJÖSTRÖM M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studies in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. **J Neurol Sci.**, 84(2-3): 275-294; 1988.

LEWIS C., BOTTOMLEY J. Musculoskeletal changes with age. IN: Lewis C. org. Aging: Health care s Challenge. 2<sup>o</sup> ed, Filadelfia, FA Davis, 146p; 1990.

LI F., HARMER P.K., FISHER K.J., MCAULEY E., CHAUMETON N., ECKSTROM E., WILSON, N.L. Tai Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. **Journal of Gerontology Series A: Biological and Medical Science**, 60(2):187-194; 2005.

LIMA-COSTA M. F., VERAS R. Saúde pública e envelhecimento. **Cad. Saúde Pública**. Rio de Janeiro, 19(3):700-701; 2003.

LIN S., WOOLLACOTT M.H. Postural muscle response following changing balance threats in young, stable older unstable older adults. **Journal Motor Behavior**, 34(1):37-44; 2002.

LIPITZ L.A. Dynamics of stability: The physiologic basis of functional health and frailty. **Journal of Gerontology Biological Science**, 57(3):115-125; 2002.

LIPSITZ L.A., JONSSON P.V., KELLEY M.M., KOESTNER J.S. Causes and correlates of recurrent falls in ambulatory frail elderly. **J Gerontol.**, 46(4):114-122; 1991.

LIU J., LOCKHART T.E. Age-related joint moment characteristics during normal gait and successful reactive-recovery from unexpected slip perturbations. **Gait Posture**, 30(3):276-281; 2009.

LOJUDICE D.C. **Quedas de idosos institucionalizados: ocorrência e fatores associados.** 2005. Dissertação (Mestrado em Medicina)- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2005.

LORAM I.D., MAGANARIS C.N., LAKIE M. Active, non-spring-like muscle movements in human postural sway: how might paradoxical changes in muscle length be produced? **J Physiol.**, 564(1):281-293; 2005.

LYNCH N.A., METTER E.J., LINDLE R.S., FOZARD J.L., TOBIN J.D., ROY T.A., FLEG J.L., HURLEY B.F. Muscle quality I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. **J Appl Physiol.**, 86(1):188-194; 1999.

MACIEL A.C.C., GUERRA R.O. Prevalência e fatores associados ao déficit de equilíbrio em idosos. **Rev Bras Cien Mov.**, 13(1):37-44; 2005.

MADEMLI L., ARAMPATZIS A., KARAMANIDIS K. Dynamic stability control in forward falls: postural corrections after muscle fatigue in young and older adults. **Eur. J. Physiol.**, 103(3):295-306; 2008.

MALONE T., MCPOIL T., NITZ A.J. Fisioterapia em Ortopedia e Medicina no Esporte. 3º ed. São Paulo: Santos, 2002.

MANCHESTER D., WOOLLACOTT M., ZEDERBAUER-HYLTON N., MARIN O. Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adults. **Journal of Gerontology**, 44(4):112-121; 1989.

MANN L., KLEINPAUL J.F., TEIXEIRA C.S., ROSSI A.G., LOPES L.F.D., MOTA C.B. Investigação do equilíbrio corporal em idosos. **Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.**, 11(2):155-165; 2008.

MARIGOLD D.S., PATLA A.E. Strategies for dynamic stability during locomotion on a slippery surface: effects of prior experience and knowledge. **J Neurophysiol.**, 88(1):339-353; 2002.

MARSH A.P., MILLER M.E., REJESKI W.J., HUTTON S.L., KRITCHEVSKY S.B. Lower Extremity Muscle Function After Strength or Power Training in Older Adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 17(4):416-443; 2009.

MASANI K., POPOVIC M.R., NAKAZAWA K., KOUZAKI M., NOZAKI D. Importance of body sway velocity information in controlling ankle extensor activities during quiet stance. **J Neurophysiol**, 90(6): 3774–3782; 2003.

MASSION J. Movement, posture and equilibrium: interaction and coordination. **Program Neurobiol.**, 38(1):35-56; 1992.

MASUD T., MORRIS R.O. Epidemiology of falls. **Age Ageing**, 30(4):3-7; 2001.

MAZZEO R.S., CANAVAGH P., EVANS W.J., FIATARONE M.A., HAGBERG J., MCAULEY E., STARTZELL J. Exercício e atividade física para pessoas idosas. **Rev Bras Ativ Física & Saúde**, 3:48-78; 1998.

MCCOLLUM, C.; SHUPERT, C.L.; NASHNER, L.M. Organizing sensory information for postural control in altered sensory environments. **Journal of Theoretical Biology**, 180(3): 257-270, 1996.

MCLULLICH A.M.J., DEARY I.J., STARR J.M., FERGUSON K.J., WARDLAW J.M., SECKL J.R. Plasma cortisol levels, brain volumes and cognition in healthy elderly men. **Psychoneuroendocrinology**, 30(5):505-515; 2005.

MELZER I., BENJUYA N., KAPLANSKI J. Age-related changes of postural control: effect of cognitive tasks. **Gerontology**, 47(4):189-94; 2001.

MELZER I., BENJUYA N., KAPLANSKI J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non fallers. **Age and Ageing**, 33(6): 602-607; 2004.

MELZER I., SHTILMAN I., ROSENBLATT N., ODDSSON L. I. Reliability of voluntary step execution behavior under single and dual task conditions. **J Neuroeng Rehabil**, 4:(16):1-7; 2007.

MELZER I., KURTZ I., SHAHAR D., LEVI M., ODDSSON L. Application of the voluntary step execution test to identify elderly fallers. **Age Ageing**, 36:532-537; 2007.

MELZER I., KURZ I., ODDSSON L.A. Retrospective analysis of balance

control parameters in elderly fallers and non-fallers. **Clin Biomech.**, 25(10): 984– 988; 2010.

MEZARI M.C., AVOZANI T.V., BRUSCATO N.M., MORIGUCHI E.H., RAFFONE A.M. Estudo da funcionalidade e da prevalência de quedas em idosos da cidade de Veranópolis - RS: uma proposta para promoção da saúde. . **Bras.Cineantropom. Desempenho Hum.**, 9(1):129-142; 2012.

MISZKO T.A., CRESS M.E., SLADE J.M., COVEY C.J., AGRAWAL S.K., DOERR C.E. Effects of strength and power training on physical function in community - dwelling older adults. **Journal of Gerontology A Biological Sciences and Medical Sciences**, 58(2):171-175; 2003.

MOCHIDA L.Y., CESAR G.M., SANTIAGO P.R.P., LOBO DA COSTA P.H. Estudo dinamométrico da marcha de idosas ultrapassando obstáculos. **Rev. bras. Educ. Fís. Esporte**, 23(1):15-23; 2009.

MOURA R.N., SANTOS F.C., DRIEMEIER M., SANTOS L.M., RAMOS L.R. Quedas em idosos: fatores de risco associados. **Gerontologia**, 7:15-21; 1999.

MOURÃO C.A., SILVA N.M. Influência de um programa de atividades físicas recreativas na autoestima de idosos institucionalizados. **Revista Brasileira de Ciências do Envelhecimento Humano**, 7(3): 324-334; 2010.

MURRAY M.P., GARDNER G.M., MOLLINGER L.A., SEPIC S.B. Strength of isometric and isokinetic contractions: knee muscles of men aged 20 to 86. **Phys Ther.**, 60(4):412–419, 1980.

NAGAI K.M., YAMADA M., MORI S., TANAKA B., UEMURA K., AOYAMA T., ICHIHASHI N., TSUBOYAMA T. Effect of the muscle coactivation during quiet standing on dynamic postural control in the older adults. **Arch Gerontol Geriatr.**, 56(1):129-133; 2013.

NAKAMURA H., TSUCHIDA T., MANO Y. The assessment of posture control in the elderly using the displacement of the center of pressure after forward platform translation. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 11(6): 395-403; 2001.

NASHNER L.M., McCOLLUM G. The organization and human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. **Behavioral and brain science**, 8(1):135-172; 1985.

NEVITT M.C., CUMMINGS S.R., KIDD S., BLACK D. Risk factors for recurrent non-syncopal falls: a prospective study. **JAMA**, 261(18):2663–2668, 1989.

NEWMAN A.B., GOODPASTER B.H. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration. **American Journal of Clinical**

**Nutrition**, 90(6):1579-1585; 2009.

NICHOLS D.S. balance retraining after stroke using force platform biofeedback. **Physical Therapy**, 77(5):553-558; 1997.

NITZ J.C., CHOY N.L. The efficacy of a specific balance-strategy training programme for preventing falls among older people: a pilot randomized controlled trial. **Age and ageing**, 33(1):52-58; 2004.

NOAKES T.D. Physiological models to understand exercise fatigue and the adaptations that predict or enhance athletic performance. **Scandinavian Journal Medicine Science Sports**, 10(3):123-145; 2000.

OKADA S., HIRAKAWA K., TAKADA Y., KINOSHITA H. Age-related differences in postural control in humans in response to a sudden deceleration generated by postural disturbance. **European Journal of Applied Physiology**, 85(1):10-18;2001.

ORR R., RAYMOND J., SINGH M. F. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults. A systematic review of randomized controlled trials. **Sports Medicine**, 38(4):317-343; 2008.

PADOIN P.G., GONÇALVES M.P., COMARU T., SILVA, A.M.V. Análise comparativa entre idosos praticantes de exercício físico e sedentários quanto ao risco de quedas. **O mundo da saúde**, 34(2):158-164; 2010.

PAI Y.C., IQBAL K. Simulated movement termination for balance recovery: can movement strategies be sought to maintain stability in the presence of slipping or forced sliding? **J. Biomech.**, 32(8):779-786; 1999.

PAJALA S., ERA P., KOSKENVUO M., KAPRIO J., TÖRMÄKANGAS T., RANTANEN T. Force Platform Balance Measures as Predictors of Indoor and Outdoor Falls in Community-Dwelling Women Aged 63–76 Years. **The Journals of Gerontology**, 63(2):171-178; 2008.

PANZER V.P., BANDINELLI S., HALLETT M. Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, 76(2):151-157; 1995.

PARDINE R. Validação do questionário internacional de nível de atividade física (IPAQ): estudo piloto em adultos jovens brasileiros. **Revista Brasileira de Ciências e Movimento**, 9(3):45-51; 2001.

PARREIRA R.B., AMORIN C.F., GIL A.W., TEIXEIRA D.C., BILODEAU M., DA SILVA R.A. Effect of trunk extensor fatigue on the postural balance of elderly and young adults during unipodal task. **Eur J Appl Physiol.**, 113(8):1989-1996; 2013.



PATTON J., PAI Y.-C., LEE W. Dept. of Biomed. Eng., Northwestern Univ., Chicago, IL. This paper appears in: Engineering in Medicine and Biology Society, 1997. Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE. P. 1679 - 1682 vol.4. Digital Object Identifier: 10.1109/IEMBS.1997.757043 Current Version Published: 06 Agosto 2002.

PAULA F.L. **Envelhecimento e quedas de idosos**. Rio de Janeiro. Apicuri. 244p., 2010.

PAVOL M.J., OWINGS T.M., FOLEY K.T., GRABINER M.D. Influence of lower extremity strength of healthy older adults on the outcome of an induced trip. **Journal American Geriatrics Society**, 50(2):256–262; 2002.

PEREIRA S.R.M. O idoso que cai. In: **Sociedade Brasileira de Geriatria e gerontologia**. Caminhos do envelhecer. Rio de Janeiro. Revinter.p.217-21; 1994.

PEREIRA S.R.M., BUKSMAN S., PERRACINI M., PY L., BARRETO K.M.L., LEITE V.M.M. Sociedade Brasileira de Geriatria e Gerontologia. Projeto Diretrizes. Quedas em idosos. São Paulo: Associação Médica Brasileira, Conselho Federal de Medicina; 2001.

PEREIRA M.M., OLIVEIRA R.J., SILVA M.A.F., SOUZA L.H.R., VIANNA L.G. Effects of Tai Chi Chuan on knee extensor muscle strength and balance in elderly women. **Rev Bras Fisioter**, 12(2):121-126; 2008.

PERRACINI M.R., RAMOS L.R. Fatores associados a quedas em uma coorte de idosos residentes na comunidade. **Rev Saúde Pública**, 36(6):709-16; 2002.

PERRACINI M.R. **Prevenção e manejo de quedas**. In Ramos L.R. coordenação. Guia de geriatria e gerontologia. Barueri: Manole. p.193-208; 2005.

PERRIN P.P., BUATOIS S., GUEGUEN R., GAUCHARD G.C., BENETOS A. Posturography and Risk of Recurrent Falls in Healthy Non-Institutionalized Persons Aged Over 65. **Gerontology**, 52(6): 345-352; 2006.

PERSCH L.N., UGRINOWITSCH C., PEREIRA G., RODACKI A.L.F. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: A randomized controlled trial Source. **Clinical Biomechanics**, 24(10):819-825; 2009.

PETRELLA R.J., LATTANZIO P.J., NELSON M.G. Effect of age and activity on knee joint proprioception. **Am J Phys Med Rehab.**, 76(3): 235-241; 1997.

PIIRTOLA M., ERA P. Force platform measurements as predictors of falls among older people – A review. **Gerontology**. 52(1):1-16; 2006.

PINHO L., DIAS R.C., FREIRE M.T.F., TAVARES C.F., DIAS J.M.D. Avaliação isocinetica da função muscular do quadril e do tornozelo em idosos que sofrem quedas. **Rev Bras Fisioter.**, 9(1):93-9; 2005.

PIJNAPPELS M., BOBBERT M.F., VAN DIEËN J.H. Push-off reactions in recovery after tripping discriminate young subjects, older non-fallers and older fallers. **Gait and Posture**, 21(4):388-394; 2005.

PIJNAPPELS M., BOBBERT M.F., VAN DIEËN J.H. How early reactions in the support limb contribute to balance recovery after tripping. **Journal of Biomechanics**, 38(3):627-634; 2005.

PIJNAPPELS M., BOBBERT M.F., VAN DIEËN J.H. EMG modulation in anticipation of a possible trip during walking in young and older adults. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 16(2):137-143; 2006.

PIJNAPPELS M., VAN DEN BURG J.C.E., REEVES N., VAN DIEËN J.H. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. **Eur J Appl Physiol.**, 102(5):585-592; 2007.

PIJNAPPELS M., REEVES N.D., MAGANARIS C.N., VAN DIEËN J.H. Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 18(2):188–196; 2008.

PLOUTZ-SNYDER L.L., MANINI T., PLOUTZ-SNYDER R.J., WOLF D.A. Functionally relevant thresholds of quadriceps femoris strength. **J Gerontol A Biol Sci Med Sci.**, 57(4):144-152; 2002.

PODSIADLO D., RICHARDSON S. The timed 'Up and Go' Test: a Test of Basic Functional Mobility for Frail Elderly Persons. **Journal of American Geriatric Society**, 39:142-148; 1991.

POULAIN I., GIRAUDET G. Age-related changes of visual contribution in posture control. **Gait & Posture**, 27:1–7; 2008.

PRADO J.N., STOFFREGEN T.A., DUARTE M. Postural Sway during Dual Tasks in Young and Elderly Adults. **Gerontology**, 53(5):274-281; 2007.

PRIOLI A.C., FREITAS JUNIOR P.B., BARELA J.A. Physical activity and postural control in elderly: coupling between visual information and body sway. **Gerontology**, 51(3):145-148; 2005.

PROCTOR D.N., SINNING W.E., WALRO J.M., SIECK G.C., LEMON P.W. Oxidative capacity of human muscle fiber types: effects of age and training status. **J Appl Physiol.**, 78(6): 2033-2038; 1995.

PYYKKO I., JANTTI P., AALTO H. Postural control in elderly subjects. **Age and Ageing**, 19(3):215-221; 1990.

REBELATTO J.R., CASTRO A.P., SAKO F.K., AURICHIO T.R. Equilíbrio estático e dinâmico em indivíduos senescentes e o índice de massa corporal. **Revista fisioterapia em movimento**, 21(3):69-75; 2008.

REEVES N.D., NARICI M.N., MAGANARIS C.N. Effect of resistance training on skeletal muscle-specific force in elderly humans. **J Appl Physiol**, 96(3): 885–892, 2004.

RICCI N.A., GAZZOLA J.M., COIMBRA I. B. Sistemas sensoriais no equilíbrio corporal de idosos. **Arq. Bras.Ciênc. Saúde**, 34(2):94-100; 2009.

RINGSBERG K., GERDHEM P., JOHANSON J., O'BRANT K.J. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? **Age and Ageing**, 28(3):289-93; 1999.

RODACKI A.L.F., SOUZA R.M., UGRINOWITSCH C., CRISTOPOLISKI F., FOWLER N.E. Transient effects of stretching exercises on gait parameters of elderly women. **Man. Ther.**, 14(2):167-172; 2009.

ROGERS M.A., EVANS W.J. Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. **Exercise and Sport Science Reviews**, 21: 65-102; 1993.

ROSA J.L.S., PERRACINE M.R., GANANÇA F.F. Estabilometria em pacientes com doença de ménière. **Acta ORL.**, 24(4):232-238; 2006.

ROZENFELD S. **Reações adversas aos medicamentos na terceira idade: as quedas em mulheres como iatrogenia farmacoterapêutica.** [Tese de Doutorado]. Rio de Janeiro: Instituto de Medicina Social, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1997.

RUBENSTEIN L.Z., JOSEPHSON K.R., TRUEBLOOD P.R., LOY S., HARKER J.O., PIETRUSKAZKA F.M., ROBBINS A.S. Effects of a group exercise program on strength, mobility, and falls among fall-prone elderly men. **Journal of Gerontology Series A: Biological and Medical Science**, 55(6):317-321; 2000.

RUNGE M., RHEFELD G., RESNICEK E. Balance training and exercise in geriatric patients. **Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions**, 1(1):61-65; 2000.

RUNGE M., RITTWEGER J., RUSSO C.R., SCHIESSL H., FELSENBURG D. Is muscle poweroutput a key factor in the age related decline in physical performance? A comparison of muscle cross-section, chair-rising test, and jumping power. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, 24(6): 335-340; 2004.

SABCHUK R.A.C., BENTO P.C.B., RODACKI A.L.F. Comparison between field balance tests and force platform. **Rev Bras Med Esporte**, 18(6); 2012.

SANTOS M.L.C., ANDRADE M.C. Incidência de quedas relacionada aos fatores de riscos em idosos institucionalizados. **Revista Baiana Saúde Pública**, 29(1):57-68; 2005.

SHEPHARD R.J. **Aging, physical activity, and health**. Champaign: Human Kinetics, 1997.

SHUMWAY-COOK A., HORAK F.B. Assessing the influence of sensory interaction on balance. Suggestion from the field. **Phys Ther.**, 66(10):1548-1550; 1986.

SHUMWAY-COOK A., BALDWIN M., POLISSAR N.L., GRUBER W. Predicting the probability for falls in community dwelling older adults. **Physical Therapy**, 77(8):812-819; 1997.

SHUMWAY-COOK A., BRAUER S., WOOLLACOTT M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older adults using the Timed Up & Go test. **Physical Therapy**, 80(9):896-903; 2000.

SHUMWAY-COOK A., WOOLLACOTT M.H. **Controle postural normal**. In: Shumway-Cook A, Woollacott MH, editores. Controle motor - teoria e aplicações práticas. 2a ed. Barueri: Manole. p. 153-78; 2003.

SIQUEIRA F.V., FACCHINI L.A., SILVEIRA D.S., PICCINI R.X., TOMASI E., THUMÉ E., SILVA S.M., DILÉLIO A. Prevalence of falls in elderly in Brazil: a countrywide analysis. **Cadernos de Saúde Pública**, 27(9):1819-1826; 2011.

SKELTON D.A., YOUNG A., GREIG C.A., MALBUT K.E. Effects of resistance training on strenght, power and selected functional abilities of women aged 75 and older. **Journal American Geriatrics Society**, 43(10):1081-1087; 1995.

SKINNER H.B., WYATT M.P., HODGDON J.A., CONARD D.W., BARRACK R.L. Effect of fatigue on joint position sense of the knee. **J Orthop Res.**, 4(1):112-118; 1986.

SOARES A.V., MATOS F.M., LAUS L.H., SUZUKI S. Estudo comparativo sobre a propensão de quedas em idosos institucionalizados e não-institucionalizados através do nível de mobilidade funcional. **Fisioterapia Brasil**, 4(1):12-15; 2004.

SPEERS R.A., KUO A.D., HORAK F.B. Contributions of altered sensation and feedback responses to changes in coordination of postural control due to aging. **Gait Posture**, 16:20-30; 2002.

SPIRDUSSO W.W. **Dimensões físicas do envelhecimento**. São Paulo. Ed. Manole. 2005.

STEFFEN T.M., HACKER T.A., MOLLINGER L., Age and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test and gait speeds. **Phys Ther.**, 82(2):128-137; 2002.

STELMACH G.E., TEASDALE N., DIFABIO R.P., PHILLIPS J. Age-related decline in postural control mechanisms. **International Journal of Aging and Human Development**, 29(3):205-223; 1989.

TEASDALE N., SIMONEAU M. Attentional demands for postural control: the effects of aging and sensory reintegration. **Gait Posture**, 14(3): 203-210; 2001.

TEIXEIRA C.S., LEMOS L.F.C., LOPES L.F.D., ROSSI A.G., MOTA C.B. Equilíbrio corporal e exercícios físicos: uma investigação com mulheres idosas praticantes de diferentes modalidades. **Acta Fisiátrica**, 15(3):156-159; 2008.

THELEN D.G., WOJCIK L.A., SCHULTZ A.B., ASHTON-MILLER J.A. Age differences in using a rapid step to regain balance during a forward falls. **Journal of Gerontology Medical Sciences**, 52(1):8-13; 1997.

TINETTI M.E., SPEECHLEY M., GINTER S.F. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. **N Engl J Med.**, 319(26):1701–1707;1988.

TINETTI M.E., SPEECHLE Y., 1989.IN: SPIRDUSSO W.W. **Dimensões Físicas do Envelhecimento**. São Paulo: Ed. Manole, 2005.

TOUPET M., GAGEY P.M., HEUSCHEN S. Vestibular patients and aging subjects lose use of visual input and expend more energy in static postural control. In: VELLAS B., TOUPET M., RUBENSTEIN L., ALBAREDE J.L., CHRISTEN Y. (Eds.). *Falls, balance and gait disorders in the elderly*. Paris: Elsevier. p. 183-198, 1992.

UENO D.T., GOBBI S., TEIXEIRA C.V.L., SEBASTIÃO E., PRADO A.K.G., COSTA J.L.R., GOBBI L.T.B. Efeitos de três modalidades de atividade física na capacidade funcional de idosos. **Rev. bras. Educ. Fís. Esporte**, 26(2):273-281;2012.

VAN CUTSEM M., DUCHATEAU J., HAINAUT K. Changes in single motor

unit behavior contributes to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. **J Physiol.**, 513(15):295-305; 1998.

VAN DAELE U., HUYVAERT S., HAGMAN F., DUQUET W., VAN GHELUWE B., VAES P. Reproducibility of postural control measurement during unstable sitting in low back pain patients. **BMC Musculoskeletal Disorders**, 22:8-44; 2007.

VAN DEN BOGERT A.J., PAVOL M.J., GRABINER M.D. Response time is more important than walking speed for the ability of older adults to avoid a fall after a trip. **J Biomech.**, 35(2):199–205; 2002.

VANDERVOORT A.A., CHESWORTH B.M., CUNNINGHAM D.A., RECHNITZER P.A., PATERSON D.H., KOVALL J.J. Age and sex effects on mobility of the human ankle. **J Gerontol.**, 47(1):17-21; 1992.

VANDERVOORT A.A., SYMONS T.B. Functional and Metabolic Consequences of Sarcopenia. **Canadian Journal Applied Physiology**, 26(1):90-101; 2001.

VIEIRA T.M.M., OLIVEIRA L.F. Equilíbrio postural de atletas remadores. **Rev. Bras. Med. Esporte**, 12(3):135-138; 2006.

WALLERSTEIN L.F., TRICOLI V., BARROSO R., RODACKI A.L.F., RUSSO L., AIHARA A.Y., DA ROCHA CORREA FERNANDES A., DE MELLO M.T., UGRINOWITSCH C. Effects of Strength and Power Training on Neuromuscular Variables in Older Adults. **Journal of Aging and Physical Activity**, 20(2):171-185; 2012.

WANG J.J., SNYDER M., KAAS M. Stress, loneliness, and depression in Taiwanese rural community-dwelling elders. **International Journal of Nursing Studies**, 38(3):339-347; 2001.

WEERDESTEYN V., RIJKEN H., GEURTS A.C., SMITS-ENGELSMAN B.C., MULDER T., UYSENS J. A five-week exercise program can reduce falls and improve obstacle avoidance in the elderly. **Gerontology**, 52(3):131-141; 2006.

WESTHOFF M.H., STEMMERIK L., BOSHUIZEN H.C. Effects of a low-intensity strength-training program on knee-extensor strength and functionality ability of frail older people. **Journal of Aging and Physical Activity**, 8:325-342; 2000.

WHIPPLE R.H., WOLFSON L.I., AMERMAN P.M. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents: an isokinetic study. **J Am Geriatr Soc.**, 35(1):13-20; 1987.

WHITNEY S.L., WRISLEY D.M., MARCHETTI G.F., GEE M.A., REDFERN M.S., FURMAN J.M. Clinical measurements of sit-to-stand performance in

people balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. **Physical Therapy**, 85(10):1034-1045; 2005.

WIACEK M., HAGNER W., HAGNER-DERENGOWSKA M., BLUJ B., DROZD M., CZEREBA J., ZUBRZYCKI I.Z. Correlations between postural stability and strength of lower body extremities of women population living in long-term care facilities. **Arch. Gerontol. Geriatr.**, 48(3):346-349; 2009.

WISKTEN D.L., PERRIN D.H., HARTMAN M.L., GIEK J., WELTMAN A. The relationship between muscle and balance performance as a function of age. **Isokinetics Exerc Sci.**, 6:125-132; 1996.

WOLFSON L., WHIPPLE R., JUDGE J., AMERMAN P., DERBY C., KING M. Training balance and strength in the elderly to improve function. **J Am Geriatric Soc.**, 41(3):341-343; 1993.

WOLFSON L., JUDGE J., WHIPPLE R., KING M. Strenght is a major factor in balance, gait and the occurrence of falls. **J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.**, 50:64-67;1995.

WONG L.L.R., CARVALHO J.A. O rápido processo de envelhecimento populacional do Brasil: sérios desafios para as políticas públicas. **R. bras. Est. Pop.**, 23(1):5-26; 2006.

WOOLACOOT M.H. Systems contributing to balance disorders in older adults. **J Gerontol: Medic Scienc.**, 55(8):424-428; 2000.

YAGGIE J.A., MCGREGOR S.J. Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. **Arch Phys Med Rehabil.**, 83(2): 224-228; 2002.

YAO D. Indicadores de fragilidade em pessoas idosas visando o estabelecimento de medidas preventivas. **Bol Inst Saúde**, 47:49-52; 2009.

YOSHITOMI S.K., TANAKA C., DUARTE M., LIMA F., MORYA E., HAZIME F. Respostas posturais à perturbação externa inesperada em judocas de diferentes níveis de habilidade. **Rev Bras Med Esporte**, 12:( 3):159-163; 2006.

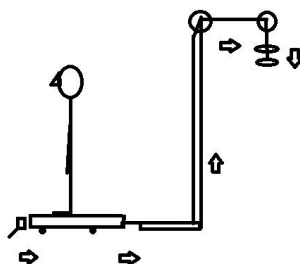
ZAGO A.S., GOBBI S. Valores normativos da aptidão funcional de mulheres de 60 a 70 anos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, 11(2):77-86; 2003.

## APÊNDICE 1

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

- a) O Senhor(a), que possui 60 anos ou mais, está sendo convidado(a) a participar de um estudo intitulado “EQUILÍBRIO DINÂMICO EM IDOSOS”. É através das pesquisas clínicas que ocorrem os avanços importantes em todas as áreas, e sua participação é fundamental.
- b) O objetivo desta pesquisa é avaliar o seu equilíbrio e quanto tempo leva para o seu corpo reagir a um desequilíbrio ou estímulo que exija um reposicionamento corporal.
- c) O principal benefício é que os resultados podem permitir que idosos mais propensos às quedas sejam identificados e que estratégias preventivas possam ser implementadas.
- d) Caso o Sr.(a) participe da pesquisa, será necessário comparecer ao laboratório para realizar os testes e responder a um conjunto de questionários contendo informações sobre as atividades no seu dia-a-dia, sua qualidade de vida, histórico clínico (cirurgias, doenças, uso de medicação, etc.) e histórico de quedas, ou seja, quantas vezes o Sr(a) lembra de ter caído no último ano. Iremos verificar seu peso e altura, então você passará por alguns testes de funcionalidade onde serão solicitadas algumas tarefas envolvendo a caminhada e sentar e levantar de uma cadeira; ainda será solicitado que você fique em pé sobre uma plataforma de madeira, onde liberaremos um peso equivalente a 5% do seu peso corporal, que irá puxar essa plataforma por aproximadamente 4 cm. O teste não apresenta nenhum risco de queda ou para sua saúde. Mas, para uma maior segurança durante a realização do teste o Sr.(a) estará sendo acompanhado por três docentes, sendo que dois deles estarão posicionados próximos e um de cada lado do Sr.(a).





e) Para tanto, você deverá comparecer no horário previamente marcado no Centro de Educação Física da Universidade Estadual de Londrina, para responder o questionário, passar pelas medições de peso e altura e participar dos testes de equilíbrio por aproximadamente 2 horas.

f) O pesquisador Carlos Alberto V. Bruniera é responsável pelo projeto e pode ser contatado pelos telefones: 3371-4208 / 9122-9393/ e-mail: [cavbruniera@gmail.com](mailto:cavbruniera@gmail.com) para esclarecer qualquer dúvida referente à avaliação e aos testes que serão realizados nessa pesquisa, estando disponível de segunda a sexta feira, das 09:00-12:00 e das 14:00-17:00 hrs.

g) Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Kock, nº 60, ou no telefone (43) 33712490.

h) Estão garantidas todas as informações que você queira, antes durante e depois do estudo.

i) A sua participação neste estudo é voluntária. Contudo, se o Sr.(a) não quiser mais fazer parte da pesquisa pode a qualquer momento interromper sua participação e não há necessidade de devolução do TCLE assinado, pois este é um documento do pesquisador.

J) As informações relacionadas ao estudo poderão ser inspecionadas pelos responsáveis pelo projeto. No entanto, se qualquer informação for divulgada em

relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a **confidencialidade** seja mantida.

k) Pela sua participação no estudo, você não receberá qualquer valor em dinheiro e não haverá nenhuma despesa para participar desse estudo

l) Quando os resultados forem publicados, não aparecerá seu nome, e sim um código, de forma a preservar sua identidade.

Eu, \_\_\_\_\_ li o texto acima e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação no estudo a qualquer momento sem justificar minha decisão. Eu entendi o que não posso fazer durante o teste e sei que qualquer problema relacionado ao teste será tratado sem custos para mim. Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

Londrina, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2012.

\_\_\_\_\_  
(Assinatura do sujeito ou responsável legal)

\_\_\_\_\_  
Carlos Alberto V. Bruniera

## ANEXO 1

29/07/13

Plataforma Brasil

BRASIL



Sua sessão

Sua Pesquisa

Você está em: Pesquisador &gt; Gerir Pesquisa &gt; Detalhar Projeto de Pesquisa

## DETALHAR PROJETO DE PESQUISA

## Dados do Projeto de Pesquisa

Título da Pesquisa: EQUILBRIO DINAMICO EM IDOSOS  
 Pesquisador: CARLOS ALBERTO VEIGA BRUNIERA  
 Área Temática: Área 9: A critério do CEP  
 Versão: 3  
 CAAE: 02995012.3.0000.5231  
 Submetido em: 11/09/2012  
 Instituição Proponente: Departamento de Ciências do Esporte  
 Situação: Aprovado  
 Localização atual do Projeto: Pesquisador Responsável  
 Patrocinador Principal: Financiamento Próprio



## Documentos Postados do Projeto

Tipo Documento	Situação	Arquivo	Postagem
Parecer Consubstanciado do CEP	A	<a href="#">PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CEP_84.191.pdf</a>	11/09/2012 09:31:37
Projeto de Pesquisa	A	<a href="#">PB_PROJETO_DE_PESQUISA_29860.pdf</a>	11/09/2012 08:59:42
Interface REBEC	A	<a href="#">PB_XML_INTERFACE_REBEC.xml</a>	11/09/2012 08:59:42
TGLE - Modelo de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	A	<a href="#">TGLE 002.jpg</a>	11/09/2012 08:55:46
Folha de Rosto	A	<a href="#">impressoras@uel.br_20120805_101350.EL.pdf</a>	05/08/2012 11:58:03
Outros	A	<a href="#">PROJETO DE PESQUISA ENVOLVIMENTO E QUEDAS.doc</a>	29/05/2012 14:45:05

[Listar Todos »](#)

## Tramitação:

CEP Trâmite	Situação	Data Trâmite	Parecer	Informações
Universidade Estadual de Londrina - UEL/ Hospital Regional do Norte do Paraná	Parecer liberado	11/09/2012		

«« « 1 2 »»

Localização atual do Projeto: Pesquisador Responsável

[Voltar](#)[Enviar Notificação](#)

Seu acesso ao sistema de gerenciamento de informações de pesquisa foi realizado com sucesso. Por favor, clique no link abaixo para acessar o sistema.



**3b** Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades **por dia**? horas: \_\_\_\_\_ Minutos: \_\_\_\_\_

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre (deixa livre ou lazer. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV, jogando vídeo game, bate-papo na internet e uso do computador para jogar e estudar. Não inclua o tempo gasto sentado durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

**4a.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante um dia de semana? \_\_\_\_\_ horas  
\_\_\_\_\_ minutos

**4b.** Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um dia de final de semana? \_\_\_\_\_  
horas \_\_\_\_\_ minutos

**ANEXO 3**  
**QUEDAS EM IDOSOS**

NOME: \_\_\_\_\_

GÊNERO: ( ) MASCULINO      ( ) FEMININO

IDADE: \_\_\_\_\_ anos      Data de Nascimento: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**1. OCORRÊNCIA DE QUEDA**

Você sofreu algum episódio de quedas nos último 12 meses?

( ) SIM      ( ) NÃO

Caso você tenha caído, quantas vezes aconteceram?

( ) 1      ( ) 2      ( ) 3      ( ) mais do que 3

**2. ONDE OCORREU A QUEDA**

( ) Em casa, no quintal ou área externa

( ) Dentro de casa

( ) Fora de casa em local conhecido

( ) Fora de casa em local desconhecido

**3. MOTIVO DA QUEDA**

( ) Tropeçou

( ) escorregou

( ) escurecimento da vista

( ) Tontura

( ) Outro motivo. QUAL \_\_\_\_\_

**4. VOCÊ USA MEDICAMENTOS    ( ) SIM    ( ) NÃO**

Quais?

( ) diuréticos      ( ) Anti-depressivos      ( ) Pressão arterial      ( ) Anti-inflamatórios

( ) Analgésicos    ( ) cardiovasculares

( ) Outros:

\_\_\_\_\_